(Aus dem physiologischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

Untersuchungen

zur

Physiologie des Übergangsbündels am Säugetierherzen, nebst mikroskopischen Nachprüfungen.

Von

Dr. Alfred E. Cohn und **Prof. Dr. Wilhelm Trendelenburg**
aus New-York in Freiburg i. B.

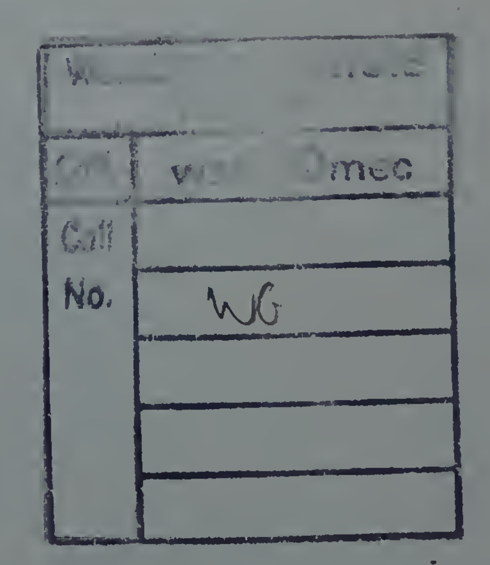
(Mit 79 Figuren und Tafel I—V.)

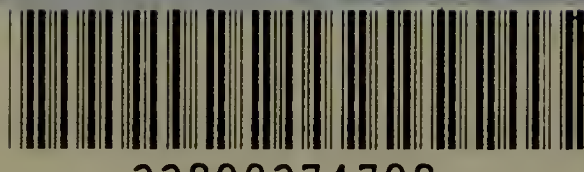
Bonn, 1910.

Separat-Abdruck aus dem Archiv für die ges. Physiologie Bd. 131.

Verlag von Martin Hager.

C.





(Aus dem physiologischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

Untersuchungen zur Physiologie des Übergangbündels am Säugetierherzen, nebst mikroskopischen Nachprüfungen.

Von

Dr. **Alfred E. Cohn** aus New-York und Prof. Dr. **Wilhelm Trendelenburg** in Freiburg i. B.

(Mit 79 Figuren und Tafel I—V.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Einleitung. Frühere Untersuchungen	1
II. Eigene Untersuchungen	12
A. Versuchsmaterial	12
B. Versuchsmethodik	13
C. Methodik der Bündeldurchschneidung	17
D. Kurvenmessung	19
E. Darstellung der Lage des operativen Schnittes	20
F. Mikroskopische Untersuchung	21
G. Mitteilung der eigenen Versuche in Tabellenform mit Kurven und Herzabbildungen	22
H. Gesamtübersicht in Tabellenform	68
III. Ergebnisse der vorstehenden Versuchsreihen	69
A. Allgemeines über die aufgetretenen Rhythmusstörungen	69
B. Überleitungsstörungen und Bündeldurchschneidung	72
1. Versuche an Katzenherzen	72
2. Versuche an Kaninchenherzen	78
3. Versuche an Hundeherzen	80
4. Versuche an Affenherzen	82
5. Versuche an Ziegenherzen	82
IV. Theoretische Bemerkungen	83
V. Zusammenfassung	85

I. Einleitung. Frühere Untersuchungen.

Die regen Wechselbeziehungen zwischen anatomischer und physiologischer Forschung, welche fast in allen Zweigen dieser Wissen-

schaften bestehen, sind gerade in der Lehre von der Erregungsleitung zwischen Vorhöfen und Kammern des Herzens sehr deutlich hervorgetreten. Zur Zeit, als man eine vollständige Trennung der Muskulatur von Vorhöfen einerseits und Kammern andererseits annehmen musste, kam für die physiologische Deutung der Erregungsleitung über die trennende Bindegewebsschicht hinweg nur das Nervensystem als leitendes Element in Betracht. Nachdem aber später durch His[1]) und Kent[2]), Autoren, welche zum Teil gerade von physiologischen Fragestellungen bei ihren Untersuchungen ausgingen, die alte Lehre gestürzt und Muskelzüge gefunden waren, welche, zwar an Masse gering, doch einen direkten Übergang der Vorhofmuskulatur zu derjenigen der Kammern darstellten, sind auch für die physiologische Forschung neue Gesichtspunkte gewonnen worden. Es erhob sich die Möglichkeit, nicht nur die Entstehung der Reize im Herzen, sondern auch die Erregungsleitung auf die Muskulatur zu beziehen und so eine grosse Menge von Tatsachen, die vorwiegend auf vergleichendem Wege gewonnen waren, auf einheitliche Weise zu erklären.

Aber nicht nur die Physiologie hatte ein lebhaftes Interesse an den neueren anatomischen Feststellungen, sondern auch die Pathologie und Klinik wurden bald in den Kreis der sich anschliessenden Fragen gezogen. Es fanden sich Fälle von Rhythmusstörungen des menschlichen Herzens, die ganz denen glichen, die im Tierexperiment durch Störung der Überleitung gefunden waren, und durch die pathologisch-anatomische Untersuchung konnte eine Beziehung dieser Störungen zum Übergangbündel sehr wahrscheinlich gemacht werden.

Um so mehr sind die Grundlagen der neueren Annahme, dass die Erregungsleitung ausschliesslich auf das Übergangbündel angewiesen ist, nach allen Seiten zu prüfen. Es steht ja nicht nur die prinzipiell allerdings fundamentale Frage auf dem Spiel, ob die Erregungsleitung im Muskel- oder Nervensystem des Herzens vor sich geht, sondern die für die Anwendung der physiologischen Ergebnisse ebenso wichtige rein topographische Frage, an welcher Stelle die Überleitung erfolgt, ob überall dort, wo Vorhof- und Kammerwand

---

1) W. His, Die Tätigkeit des embryonalen Herzens und deren Bedeutung für die Lehre von der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arb. a. d. medic. Klin. z. Leipzig 1893 S. 14—49, darin S. 23.

2) A. F. St. Kent, Researches on the structur and function of the mammalian heart. Journ. of physiol. vol. 14, p. 233. 1893.

aneinandergrenzen oder an nur einer durch bestimmte Gewebselemente näher bezeichneten Stelle.

Im folgenden sollen die bisher vorliegenden Untersuchungen über die funktionelle Bedeutung des Übergangbündels kurz geschildert werden, woraus sich ergeben wird, welcher Grad von Gewissheit den jetzt geltenden Anschauungen zukommt. Vorher aber wird es zweckmässig sein, einiges über den Verlauf des Übergangbündels anzugeben, damit es auch den Fernerstehenden erleichtert wird, den späteren Ausführungen zu folgen. Es liegt aber nicht im Plane dieser Arbeit, auf die Entwicklung der anatomischen Kenntnisse, oder auf Einzelheiten über den Bündelverlauf einzugehen, da wir hier den Schwerpunkt ganz auf die physiologischen Ergebnisse unserer Untersuchungen verlegen wollen [1]). Ferner ist vorauszuschicken, dass wir uns im folgenden nur mit dem Säugetierherzen befassen werden.

Der anatomischen Schilderung wird am besten die eingehende Untersuchung zugrunde gelegt, die Tawara unter Aschoff's Leitung über den Verlauf des Übergangbündels angestellt hat. Hiernach nimmt der Muskelfaserzug seinen Ursprung in einem in dem dorsalen Teil der Vorhofscheidewand liegenden Geflecht, Knoten benannt. Aus diesem sammelt sich ein annähernd parallelfasriger Zug, der Hauptstamm des Bündels, welcher etwa in Höhe der unteren Ansatzpunkte der Aortenklappen ventralwärts und etwas abwärts [2]) zur Pars membranacea des Kammerseptum zieht. Auf dieser ganzen Strecke ist bei den bis jetzt genauer untersuchten Tieren und am Menschen der Faserverlauf ein geschlossener, indem das Bündel von

1) Über rein anatomische Fragen vgl. ausser den schon angeführten Arbeiten: R. Retzer, Über die muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Ventrikel des Säugetierherzens. Arch. f. Anat. (u. Physiol.) S. 1. 1904. — M. Humblet, Le faisceau inter-auriculo-ventriculaire constitue le lien physiologique entre les oreillettes et les ventricules du cœur du chien. Arch. internat. de physiol. t. 1 p. 278. 1904. — K. Braeunig, Über die muskulöse Verbindung zwischen Vorkammer und Kammer bei verschiedenen Wirbeltierherzen. Arch. f. Anat. (u. Physiol.) Suppl. S. 1. 1904. — S. Tawara, Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens. Mit Vorwort von L. Aschoff. Jena 1906. — J. G. Mönckeberg, Untersuchungen über das Atrioventrikularbündel im menschlichen Herzen. Jena 1908. — A. E. Cohn, On the auriculo-nodal junction. „Heart" vol. 1 p. 167. 1909.

2) Im folgenden ist das Herz stets mit der Spitze abwärts hängend gedacht; unten bedeutet also spitzenwärts, oben basalwärts. Dorsal und ventral bedeuten in üblicher Weise die Flächen, welche im Tierkörper dem Rücken oder Bauch zugewendet sind.

Bindegewebe eingeschlossen und ein Faseraustausch mit der Nachbarschaft nicht nachweisbar ist. Bald teilt sich der Bündelstamm in zwei Schenkel, einen, welcher sich zur linken, und einen, welcher sich zur rechten Seite des Kammerseptum wendet (rechter und linker Bündelschenkel); jeder begibt sich dicht unter das Endocardium, verlässt nunmehr seine vorwiegend dorso-ventrale Richtung, um ziemlich senkrecht nach abwärts umzubiegen. Jeder Schenkel ist noch eine beträchtliche Strecke abwärts verfolgbar, dabei breitet sich die Faserung mehr oder weniger unter dem Endocardium aus, ohne aber zunächst nachweisbare Verbindungen mit der Muskulatur des Septum einzugehen. Solche Verbindungen erfolgen erst weiter unten, zunächst mit den Papillarmuskeln durch merkwürdige Fäden (Purkinjesche Fäden), welche von Tawara als dem Bündelsystem angehörig erkannt worden sind.

Demjenigen, der sich zuerst mit diesem Übergangbündel befasst, wird die Übersicht über seinen Verlauf und das Verständnis des später besprochenen Operationsverfahrens sehr wesentlich dadurch erleichtert, dass man bei manchen, besonders jungen Tieren einen Teil des Bündels mit blossem Auge an der Septumwand sehen kann, und zwar am leichtesten den linken Schenkel. Kalbsherzen können sehr anschauliche Bilder liefern. Neben den Abbildungen, die Tawara in seinem Buche liefert, kann hier auf Abb. 1 verwiesen werden, in welcher wir die Photographie eines jungen Ziegenherzens wiedergeben, bei welchem in der üblichen Weise der linke Ventrikel durch einen Sektionsschnitt eröffnet und der Schnitt durch die Aortenwurzel weitergeführt ist. Man sieht auf die linke Seite des Kammerseptum. Oben rechts im Bilde ist an der Basis der hellweissen Aorta die Valvula posterior derselben zu sehen, links von dieser die Valvula dextra, an welche sich noch weiter links die vom Sektionsschnitt getroffene Valvula sinistra anschliesst. Geht man von dem Berührungspunkt der Valvula posterior und dextra senkrecht abwärts, so findet man auf der Septumfläche des geöffneten linken Ventrikels einen weisslichen abwärts ziehenden Strang, der sich weiter unten etwas ausbreitet und in feine weisse Fäden fortsetzt, welche die Herzhöhle durchziehen und zum Teil zu den Papillarmuskeln verlaufen. Dieser Strang ist der linke Schenkel des Bündels, der nach der Teilung des Hauptstammes an der Septumwand abwärts zieht und sichtbar wird, sobald er unter dem Endocard eine etwas oberflächliche Lage einnimmt.

Im übrigen können noch manche Einzelheiten des geschilderten Bündelverlaufs den Abbildungen der Tafeln I—V entnommen werden. In allen diesen Abbildungen findet sich nach unten die dorsale, nach oben die ventrale Seite des Herzens, dessen Septumgegend in horizontale, dem Aortenklappen-Ansatzrand parallele Schnitte zerlegt ist. Im Bilde unten würde sich also die Gegend des Bündels befinden, in welcher es mit dem Vorhof in Verbindung steht, während oben



Fig. 1. Ziegenherz, Bündelverlauf an der linken Fläche des Kammerseptums.

die Ausbreitung nach der Kammer hin zu suchen ist. In Figur 1 (Tafel I) sieht man den ganzen Verlauf des längsgetroffenen Hauptstammes, die Teilung ist noch eben angedeutet. Entsprechendes zeigt Fig. 2 (nur ist hier der Bündelstamm experimentell durchtrennt, worauf es zunächst nicht weiter ankommt). Die Teilung in beide Schenkel ist besonders schön in Fig. 4 (Tafel II) zu sehen; der beide Teile der Zeichnung trennende freie Raum stellt wiederum eine experimentelle Durchschneidung vor und kann für die hier vorliegenden Zwecke durch Aneinanderrücken der beiden Teilstücke entfernt gedacht werden. In Fig. 8 schliesslich sind beide Schenkel

weiter unterhalb in ihrem annähernd parallel zur Herzachse gerichteten Verlauf quer getroffen.

Hand in Hand mit den Untersuchungen über den Verlauf des atrioventrikulären Bündels gingen auch neuerdings die Bemühungen, anderweitige Verbindungen von Vorhöfen und Kammern durch Muskelfasern aufzufinden, welche in den atrioventrikularen Furchen zu suchen waren. Kent hatte solche Verbindungen beschrieben, spätere Untersucher (Retzer, Braeunig, Tawara) waren aber nicht in der Lage, diese Angaben bestätigen zu können[1]). Nach dem derzeitigen Stand der Frage stellt das Übergangbündel im Septum den einzigen Muskelzug zwischen Vorhöfen und Kammern dar, und es könnte nur noch die Frage aufgeworfen werden, ob nicht einzelne und zerstreute Muskelfasern in der Peripherie die Vorhof-Kammergrenze überbrücken könnten. Nachgewiesen sind sie bis jetzt keineswegs.

Die bisher ausgeführten Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Übergangbündels, denen wir uns jetzt zuwenden, beschäftigen sich vorwiegend mit den Folgen der direkten Ausschaltung dieser anatomischen Verbindung durch Schnitt, Umschnürung oder sonstige Quetschung. Die Durchschneidung des Bündels ist zuerst von His[2]) (in Gemeinschaft mit Graupner) ausgeführt worden. Ein schmales Messercheu wurde in das linke Herzohr des Kaninchens eingeführt und damit die Scheidewand durchstossen. Eine Loslösung der Kammertätigkeit vom Vorhof trat nur ein, wenn der Schnitt das Bündel traf, nicht aber wenn andere Scheidewandstellen zerstört wurden. Es ist verständlich, dass man den Wunsch hatte, diese wichtigen Feststellungen auf eine breitere Grundlage zu stellen und besonders auch durch die anatomische Untersuchung den Beweis zu liefern, dass in der Tat die Störung der Überleitung nur dann auftritt, wenn das Bündel vollständig durchtrennt ist.

Fredericq[3]) beschäftigte sich mit der Überleitung des künstlich

---

1) Vgl. die in den Anmerkungen auf S. 2 u. 3 zitierten Arbeiten.

2) W. His, Vortrag über Rhythmik der Herztätigkeit. Ref.: Zentralbl. f. Physiol. Bd. 9 S. 469. 1895. — W. His, Wiener medizin. Blätter 1894. Nr. 44. Zitiert nach Hering, Pflüger's Arch. Bd. 108 S. 268. (Dort wörtliches Zitat.)

3) L. Fredericq, Rhythme affolé des ventricules dû à la fibrillation des oreillettes. Physiologie du faisceau auriculo-ventriculaire. Arch. internat. de physiol. t. 2 p. 281. 1904—1905.

hervorgerufenen Vorhofflimmerns auf die Kammern, und fand diese ausbleibend, wenn das Bündel zerstört war. Die eigenartige Methodik, bei welcher das Bündel durch die Vorhofwand hindurch, aber ohne Öffnen der Herzhöhlen erreicht wurde, bestand darin, dass mit einer Péan'schen Klemme, die an die Wand der Herzohren angelegt wurde, von aussen die Bündelgegend durchquetscht wurde. In einer anderen Methode Frederiq's[1]), die ebenfalls das Herz in situ (Hund) betraf, wurden nach Unterbindung der Vena azygos die Venae cavae mit Fäden unterschlungen und durch Anziehen der Fäden blutleer gemacht; darauf wurde der rechte Vorhof mit der Schere eröffnet und nach Bündeldurchschneidung wieder mit einer Klemme verschlossen. Mit dieser Methode arbeitete auch Humblet[2]); er hatte jedoch so grosse Verluste, dass er dazu überging, am ausgeschnittenen künstlich durchbluteten Herzen die Bündeldurchschneidung zu versuchen. Die zunächst noch nicht sehr erheblichen Resultate wurden in einer zweiten Arbeit des Autors[3]) wesentlich verbessert. Das Herz eines kleinen Hundes wurde vom Gefässsystem eines grossen Hundes, dessen Blut durch Pepton ungerinnbar gemacht war, ernährt, das Bündel durch Umstechung erreicht, und das Ergebnis von sieben Experimenten histologisch nachgeprüft. Die gut gelungenen Kurven lassen schon an den Interferenzen der Vorhofkurve die Unabhängigkeit von Vorhof- und Kammerschlag erkennen.

In die Zeit zwischen beiden Versuchsreihen von Humblet fällt eine Arbeit von Hering[4]), die unabhängig von der ersten der vorigen unternommen wurde. An dem schlaglosen, in situ befindlichen Herzen (Hund) wird ein parallel zur Cava superior verlaufender Sagittalschnitt im rechten Vorhof angelegt. Durch die etwas auseinandergezogene Öffnung geht man mit Pinzette und Schere oder Messer ein und präpariert das mediale Segel der Tricuspidalklappe

---

1) L. Fredericq, L'atriotomie temporaire, procédé nouveau d'exploration des fonctions du cœur. Arch. internat. de physiol. t. 1 p. 83. 1904.

2) M. Humblet, Le faisceau inter-auriculo-ventriculaire constitue le lien physiologique entre les oreillettes et les ventricules du cœur du chien. Arch. internat. de physiol. t. 1 p. 278. 1904.

3) M. Humblet, Allorhythmie cardiaque par section du faisceau de His. Arch. internat. de physiol. t. 3 p. 330. 1905—1906.

4) H. E. Hering, Nachweis, dass das His'sche Übergangsbündel Vorhof und Kammer des Säugetierherzens funktionell verbindet. 2. Mitt. Pflüger Arch. Bd. 108 S. 267. 1909.

frei. Der Ort des Einstichs wird nach einem etwas umständlichen Verfahren gefunden, das hier nicht näher geschildert zu werden braucht. Da es nicht immer gelang, beim ersten Einstechen das Bündel zu treffen, wurden, wenn nötig, wiederholte Schnitte zur Ergänzung ausgeführt. Die umsonst ausgeführten Schnitte stellten gleichzeitig Kontrollversuche dar, da sie Verletzungen ohne Überleitungsstörungen bedeuten. Als Folgen der Bündeldurchschneidung, die der Schnittlage nach wohl sicher angenommen werden kann, allerdings nicht anatomisch kontrolliert wurde, ergaben sich die Erscheinungen der Dissoziation: Verschiedenheit des Kammerrhythmus gegen den Vorhofrhythmus bei geringerer Frequenz der Kammer, Fehlen der Überleitung von Extrasystolen zwischen den genannten Herzteilen, automatischer Schlag der Kammern.

Weitere Versuche, welche von Hering[1]) in derselben Weise ausgeführt wurden, gewannen dadurch sehr an Wert für unsere Fragen, dass Tawara[2]) das Ergebnis einer anatomischen Nachprüfung unterzog. Unter den vier Herzen waren drei mit vollständiger Bündeldurchschneidung im Hauptstamm; in dem vierten Fall berührte hingegen das obere Schnittende nur eben den unteren Rand des Bündels. Die physiologischen Ergebnisse dieser Versuche entsprachen nun ganz der Lehre von der Erregungsleitnng durch das Übergangbündel. Während die ersten drei Fälle alle Erscheinungen der Dissoziation zeigten, war im vierten überhaupt keine Überleitungsstörung vorhanden.

Die von Biggs[3]) am Kaninchen ausgeführten Versuche sind durch den Umstand weniger verwertbar, dass weder die Operationsmethode noch näheres über die anatomischen Ergebnisse mitgeteilt worden ist.

Ehe über die der herrschenden Lehre widersprechenden Versuche berichtet wird, sind noch die Experimente von Erlanger[4]) sowie Erlanger und Hirschfelder[4]) zu erwähnen, in denen

---

1) H. E. Hering, Die Durchschneidung des Übergangsbündels beim Säugetierherzen. 3. Mitt. Pflüger's Arch. Bd. 111 S. 298. 1906.

2) S. Tawara, Anatomisch-histologische Nachprüfung der Schnittführung an den von Prof. H. E. Hering übersandten Hundeherzen. Pflüger's Arch. Bd. 111 S. 300. 1906.

3) L. N. H. Biggs, Investigation of the bundle of His in rabbits' excised hearts perfused with Lockes fluid. Brit. med. journ. vol. 1 p. 1419. 1908.

4) J. Erlanger, Vorläufige Mitteilung über die Physiologie der Herzblocks im Säugetierherzen. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 19 S. 9. 1905. —

das Bündel am natürlich durchbluteten Hundeherzen durch eine besondere Klemme gefasst wurde. So interessant und wertvoll diese Versuche für die Kenntnis der Überleitungsstörungen sind, zu deren Studium sie ja auch angestellt wurden, so sind sie für die Frage nach der ausschliesslichen Bedeutung des Bündels für die Überleitung dadurch wohl nicht in dem Masse beweisend wie die Schnittexperimente, dass sich der Umfang der Läsion nachträglich nicht mit gleicher Sicherheit bestimmen lässt. Immerhin ergab sich auch hier bei Fehlen von Überleitungsstörungen eine nicht die Gegend des Bündels treffende Lage der Klemme und in einigen Fällen von Überleitungsstörung zeigte die von Retzer ausgeführte histologische Untersuchung, dass die Klemme tatsächlich das Bündel umschlossen hatte.

Durch diese Reihe von zum Teil genau anatomisch untersuchten Fällen scheint die Lehre von der Erregungsleitung im Übergangbündel nach allen Seiten hin völlig gesichert zu sein, und man konnte daran gehen, die weiteren Anwendungen für Experiment und Klinik zu verfolgen. Jedoch hat es nicht an Stimmen gefehlt, die schon gleichzeitig mit den vorigen Arbeiten Einspruch gegen die neuen Lehren erhoben, und denen Arbeiten aus Kronecker's Laboratorium zugrunde lagen. Nachdem schon Kronecker[1]) selbst mit einer Umstechungsmethode frühere Durchschneidungsversuche der Bündelgegend am Kaninchen wieder aufgenommen und Allorhythmieen infolge dieser Eingriffe vermisst hatte, wurden diese Versuche zunächst von Imchanitzky[2]) fortgeführt und nach der anatomischen Seite erweitert. An Kaninchen und Hunden wurde am natürlich durchbluteten Herzen nach Freilegung und Eröffnung des Perikards mit einer gekrümmten Nadel ein Faden um die Bündelgegend ge-

J. Erlanger u. A. D. Hirschfelder, Eine vorläufige Mitteilung über weitere Studien in bezug auf den Herzblock in Säugetieren. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 19 S. 270. 1905. — J. Erlanger, On the physiology of heart-block in mammels, with especial reference to the causation of Stokes-Adams disease. Journ. of experim. medic. vol. 8. p. 24. 1906.

1) H. Kronecker and F. C. Busch, The propagation of impulses in the rabbits heart. Rep. brit. Ass. f. advanc. of science 1899 p. 895. — H. Kronecker, L'extension des états fonctionels de l'oreillette au ventricule se fait-elle par voie musculaire ou par voie nerveuse? Compt. rend. Ac. de sciences. t. 140 p. 529. 1905.

2) M. Imchanitzky, Quelles sont les voies que suit dans le cœur l'excitation motrice? Arch. internat. de physiol. t. 4 p. 1. 1906.

schlungen. Die Herzwand konnte durchstochen werden, ohne dass eine Blutung entstand; es konnten so bis zu 20 Ligaturen ohne merklichen Blutverlust ausgeführt werden. Selbst in einem solchen Fall war die Herztätigkeit immer noch koordiniert. Es wird hier nicht notwendig sein, auf alle Einzelheiten der Angaben einzugehen, um so mehr, als wir uns gleich mit den ergänzenden und übersichtlicheren Versuchen von Paukul zu beschäftigen haben werden. Nur ein Versuch sei noch herausgegriffen. Bei einem Kaninchen schlugen die Kammern nach Anlegen von Ligaturen noch abhängig von den Vorhöfen. Bei der mikroskopischen Untersuchung fand sich in der Bündelgegend ein Blutextravasat.

Diese Versuche fanden, wie gesagt, weiterhin durch Paukul[1]) eine Ergänzung. Er arbeitete ebenfalls am Herzen in situ und zwar ausschliesslich am Kaninchen. Die Spitze einer vorne geöhrten gebogenen Umstechungsnadel wurde an der vorderen Herzseite zwischen dem Ursprung der Aorta und der Basis des rechten Herzohrs eingestochen, die Gegend des Bündelverlaufs umfasst und die Nadel durch die vordere Wand der rechten Kammer möglichst nahe der Einstichöffnung wieder herausgeführt. Ein feiner durch das Öhr der Nadel gesteckter Faden wurde nun rückwärts durchgezogen und zugebunden. In späteren Versuchen wurde die Tätigkeit von Vorhöfen und Kammern getrennt mittels Marey'scher Kapseln registriert. Jeder Fall wurde mikroskopisch auf Serienschnitten kontrolliert. (Schnittführung möglichst parallel zur Ligaturebene und senkrecht zum Verlauf des Bündels, d. h. wohl seines Hauptstammes; Färbung nach van Gieson.) Das Ergebnis seiner 24 Versuche fasst Paukul dahin zusammen, dass in Fällen, in denen das Bündel allein ohne Schädigung des umgebenden Gewebes umschnürt wurde, die Koordination von Vorhöfen und Kammern nicht aufgehoben wurde. Allorhythmien von Vorhöfen und Kammern wurden aber nicht nur beobachtet, wenn das umliegende Gewebe mit geschädigt war, sondern auch wenn der Faden nur am Bündel vorbeigeführt, aber nicht zugezogen wurde. Auch nach Unterbindung anderer Herzstellen, z. B. in der Hohlvenengegend, traten Überleitungsstörungen auf. Es sollen demnach die überleitenden Elemente nicht im His'schen Bündel liegen, sondern nahe demselben, „aber auch an anderen Stellen" und dem Nervensystem angehören.

1) E. Paukul, Die physiologische Bedeutung des His'schen Bündels. Zeitschr. f. Biol. Bd. 51 S. 177. 1909.

Es ist nicht zu leugnen, dass diesen Versuchen nicht nur durch die reiche experimentelle Erfahrung Kronecker's, in dessen Institut Paukul ebenso wie Imchanitzky arbeitete, sondern auch durch die mikroskopische Nachuntersuchung der Fälle ein derartiges Gewicht zukommt, dass der Schwerpunkt in der ganzen Frage nach der funktionellen Bedeutung des Übergangbündels wieder sehr wesentlich verschoben erscheint. Allerdings wird man sich kaum ohne weiteres entschliessen können, diesen Ergebnissen gegenüber die Feststellungen anderer Autoren, besonders die ebenfalls auf Grund grosser physiologischer und anatomischer Erfahrung gewonnenen von Hering-Tawara, einfach fallen zu lassen, um so mehr, als wenigstens gegen die Versuche von Imchanitzky der Einwand berechtigt ist, dass eine graphische Untersuchung der Herztätigkeit fehlt, und auch aus den Angaben über die mikroskopische Untersuchung nicht genügend hervorgeht, wie bei den zum Teil sehr zahlreichen Ligaturen eine sichere Feststellung über das anatomische Verhalten des Bündels möglich war, und ob besonders auch am Hunde eine normale Herztätigkeit trotz sicherer Unterbrechung des Übergangbündels vorkam.

Jedenfalls erscheint die ganze prinzipiell so wichtige Frage nunmehr wiederum so ungeklärt, dass es notwendig ist, durch eine grössere Versuchsreihe, die sich sowohl von der experimentellen als auch histologischen Seite möglichst eingehender Untersuchungsmittel bediente, eine nochmalige Bearbeitung der schwebenden Fragen zu unternehmen und dabei vorwiegend den Versuch zu machen, den Grund für die Differenzen der bisher erlangten Ergebnisse zu ermitteln. Wir hofften dieses Ziel dadurch am besten zu erreichen, dass wir die ganze notwendige Arbeit einigermaassen in der Weise verteilten, dass der eine (Trendelenburg), auf dessen Anregung die Untersuchung unternommen wurde, mehr für den physiologischen, der andere (Cohn) mehr für den anatomischen Teil die Leitung übernahm.

Die Versuche, über deren Ergebnisse schon vorläufig berichtet wurde[1]), wurden im Frühjahr 1909 im physiologischen Institut in Freiburg durchgeführt, die histologischen Untersuchungen, welche im Freiburger pathologischen Institut begonnen waren, konnten

1) W. Trendelenburg u. A. E. Cohn, Zur Physiologie des Übergangbündels am Säugetierherzen. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 23 S. 213. 1909. Kurzer Bericht ferner in: Deutsche medizin. Wochenschr. 1909, Nr. 31. (Naturforsch. Gesellsch. Freiburg.)

der Hauptsache nach erst im Lauf des Sommers in London, wohin Cohn übersiedelte, ausgeführt werden. Wir erfreuten uns bei unseren Arbeiten der weitgehenden Unterstützung von Herrn Prof. v. Kries sowie des regen Interesses von Herrn Prof. Aschoff. Für die uns zuteil gewordene Förderung möchten wir auch an dieser Stelle unseren verbindlichsten Dank abstatten.

II. Eigene Untersuchungen.

A. Versuchsmaterial.

Unsere Experimente wurden an 29 Katzen, 4 Kaninchen, 17 Hunden, 2 Affen und 4 Ziegen durchgeführt; bei diesen Angaben handelt es sich nur um gut gelungene Versuche, zu denen elf Fehlversuche kommen, in denen aus verschiedenen, im einzelnen nicht weiter interessierenden Gründen ein befriedigendes physiologisches Ergebnis der Durchspülung oder der Aufschreibung der Herztätigkeit nicht erzielt werden konnte. Drei von den übrigbleibenden Fällen, (sämtliche von der Katze) gingen für die Verwertung noch dadurch verloren, dass die Zerlegung in Schnittserien durch verschiedene Zufälligkeiten bei der Behandlung vereitelt wurde. Gerade auf eine im übrigen vollständige Wiedergabe und Durcharbeitung des ganzen erhaltenen Materials von mithin 53 Fällen mussten wir Wert legen, da sich nur so die Punkte ermitteln liessen, in denen sich die bis jetzt geltende Lehre von der Leitung im Übergangbündel etwa doch einer Änderung bedürftig zeigen konnte. Durch möglichst übersichtliche Anordnung in Tabellen hoffen wir die mit dieser Vollständigkeit verbundenen äusseren Nachteile vermindert zu haben.

Es war wünschenswert, die Versuche nicht bloss auf Kaninchen, an denen Paukul ausschliesslich arbeitete, zu beschränken; wir führten nur im Anfang einige Orientierungsversuche zur Einarbeitung auf die Durchspülungsmethodik an den Herzen dieser Tiere aus, und gingen dann erst auf das Katzenherz über, weil an diesem vor allem die Orientierung für die von uns gewählte Schnittführung leichter war als am Kaninchen. Die Verhältnisse lagen bei diesen Herzen so eigentümlich, dass eine grosse Reihe von Versuchen notwendig war, um über die verwickelte Sachlage möglichst ins Reine zu kommen. Die Versuche am Kaninchen wurden später wieder aufgenommen, und es genügte nun eine geringe Anzahl derselben zum direkten Vergleich mit Paukuls

Experimenten. Weiter haben wir auch am Hunde, besonders im Hinblick auf die Angaben von Imchanitzky, die Verhältnisse einer erneuten Untersuchung unterworfen, und die Versuche auch auf Affen ausgedehnt, worauf wegen der naheliegenden Beziehungen gerade zum menschlichen Herzen wohl einiger Wert gelegt werden darf. Um schliesslich eine Übersicht über möglichst verschiedene Klassen der Säugetiere zu ermöglichen, was um so mehr zu wünschen war, als sich der Deutung der Ergebnisse bei der Katze einige Schwierigkeiten entgegenstellten, die vielleicht nur in besonderen Eigentümlichkeiten gerade der Katzenherzen begründet waren, wurden die Versuche noch auf die Huftiere ausgedehnt. Als solche waren für uns wegen der nicht zu beträchtlichen Grösse der Herzen und nicht zu grossen Kosten des Materials junge (etwa eine Woche alte) Ziegen am geeignetsten, die sich gerade zu jener Jahreszeit leicht erhalten liessen.

B. Versuchsmethodik.

Im Gegensatz zu Paukul kam in unseren Versuchen die künstliche Durchspülung des Herzens in der von Langendorff eingeführten Weise zur Anwendung. Um eine möglichst sichere funktionelle Ausschaltung des Bündels und histologische Nachuntersuchung zu ermöglichen, empfahl sich am meisten der Messerschnitt. Während ein in seiner Kontinuität getrennter Faserzug sicher nicht mehr leitungsfähig ist, kann man einer blossen Quetschung nicht mit gleicher Gewissheit die Wirkung auf die Funktion ansehen. Fernerhin ist bei einer Umschnürung, bei der beträchtliche Lageveränderungen auch der Nachbarteile vorkommen müssen, eine unbeabsichtigte und im mikroskopischen Präparat nicht notwendig nachweisbare Nebenwirkung möglich, derart, dass etwa bei einer nur die Nähe des Bündels betreffenden Umschnürung doch die Erregungsleitung im letzteren aufgehoben ist; es werden sich Spannungsänderungen herstellen können, welche auf entferntere Teile störend einwirken. Bei einem glatten Schnitt ist dies naturgemäss wohl kaum zu befürchten.

Da nach den schlechten Erfahrungen Humblet's mit der oben schon erwähnten Schnittmethode von Fredericq, bei welcher der Eingriff am natürlich durchbluteten Herzen erfolgte, diese Methode nicht sehr empfehlenswert erschien, wählten wir von vorne herein die

künstliche Durchspülung, die ja auch schon von Hering bei ähnlichen Untersuchungen angewendet war. Während dieser aber, wie es scheint, stets den Schnitt an den noch nicht durchspülten, stillstehenden Herzen ausführte, legten wir stets Wert darauf, schon vor der Durchschneidung die Herztätigkeit aufzuschreiben und so den Beweis zu liefern, dass vor dem Schnitt bezüglich der Überleitung völlig normale Verhältnisse vorlagen. Da ferner der Schnitt stets unter Leitung des Auges ausgeführt werden sollte, war es notwendig, zur Durchspülung zuerst eine vollkommen wasserklare Flüssigkeit zu verwenden und erst nach vollendetem Schnitt das defibrinierte Blut des Versuchstieres zuzusetzen, um dadurch die Ernährungsbedingungen möglichst den normalen gleichzumachen. Dass dies in genügender Weise durch dieses Verfahren gelang, wird aus den Versuchen hervorgehen. Für alle Versuchstiere erwies sich in gleicher Weise eine Locke'sche Lösung von folgender Zusammensetzung am geeignetsten: NaCl 9 g, KCl 0,42 g, $CaCl_2$ 0,24 g, $NaHCO_3$ 0,3 g, Glukose 1,0 g pro Liter, eine Zusammensetzung, die schon von den verschiedensten Autoren erprobt war.

Des weiteren sei zunächst das Durchspülungsverfahren ausgeführt. An den Apparat war besonders die Anforderung zu stellen, dass das Herz jederzeit leicht von allen Seiten zur Ausführung der operativen Eingriffe zugänglich und dass eine doppelte Registrierung, nämlich an der einen Kammer und an einem Vorhof, ausführbar sein musste. Gewiss werden sehr viele von den bisher beschriebenen Durchspülungsapparaten, die im übrigen hier unberücksichtigt bleiben können, diesen Forderungen genügen; da uns kein für längerdauernde Versuche geeigneter Apparat zur Verfügung stand, wurde folgende Anordnung zusammengestellt. Die Locke'sche Lösung war in einer grösseren Flasche, die in einem doppelwandigen Blechgefäss stand, über dem Experimentiertisch angebracht. Von dem Bodentubus des Gefässes führte ein gläsernes Schlangenrohr, das von einem weiteren Glasmantel umgeben war, zu einem aus drei Armen bestehenden Glasstück; während an den unteren Arm die in die Aorta des Herzens gebundene Kanüle kam, führte der zweite Arm zu einem Quecksilbermanometer und war in den dritten ein Thermometer eingesteckt. Zur Erwärmung der Durchspülungsflüssigkeit diente ein kontinuierlicher Strom von warmem Wasser, der aus einem der bekannten Warmwasserapparate (Askania-Therme, Dessau), der für andere Zwecke zur Verfügung stand, gewonnen

wurde. Durch passende Regulierung der Strömung von Gas und Wasser konnte die Temperatur mit hinreichender Genauigkeit auf Körpertemperatur gehalten werden. Von weiteren Angaben der Temperaturen konnte deshalb unten in den Versuchsprotokollen abgesehen werden. Das warme Wasser floss nun sowohl durch die doppelwandige Blechhülse des Vorratsgefässes als auch durch den Aussenraum der Glasspirale, um dann noch durch ein kupfernes Schlangenrohr geführt zu werden, welches einem über das Herz selbst gestülpten Glase anlag. Dieses Glas bestand aus einer Flasche, der der Boden abgesprengt war; in seine Seitenwände waren verschiedene Löcher gebohrt, die zum Teil der Durchleitung des mit der Registrierung des Vorhofs zusammenhängenden Fadens, zum Teil dem Durchstecken von Glasstäben dienten, welche so der Herzoberfläche angelegt waren, dass keine Pendelbewegungen eintraten, die im Anfang gelegentlich die Registrierung störten. Der Hals der Flasche war nach unten gerichtet, durch ihn war der die Kammerregistrierung besorgende Faden gezogen. Die obere Öffnung wurde durch einen aus zwei Teilen bestehenden Korkdeckel geschlossen, durch den noch ein Thermometer eingeführt werden konnte. In dieser Weise war auch der Luftraum um das Herz herum auf die gleiche Temperatur gebracht worden wie die Durchspülungsflüssigkeit, sowie das Herz vor Vertrocknung geschützt, und es konnte doch andererseits nach Abnehmen des Korkdeckels das Glas leicht gesenkt werden, so dass nun das Herz vollkommen zugänglich war. Der für die Durchspülung notwendige Druck wurde zum Teil einfach durch die Höhe gewonnen, in welcher sich das Vorratsgefäss über dem Herzen befand; um aber für die Herzen der verschiedensten Grösse geeignete Verhältnisse zu erhalten, wurde mit einem in den Hals des Vorratsgefässes gekorkten Glasrohr die Leitung einer Sauerstoffbombe verbunden, wodurch gleichzeitig eine Sauerstoffsättigung der Flüssigkeit möglich war. Auch war mit der Vorratsflasche durch eine lange Schlauchleitung eine zweite an Schnurlauf auf und nieder bewegliche Flasche verbunden, durch welche die aus dem Coronarsystem ausgeflossene Flüssigkeit wieder zu dem Vorrat hinzugesetzt werden konnte, was besonders bei gelegentlichem Anschneiden der Klappen bei grossen Hundeherzen öfters erfolgen musste.

Die Herztätigkeit wurde von der Kammerspitze und dem linken Herzohr aus aufgeschrieben. Diese Doppelregistrierung genügte in allen Fällen, wie hier voraus betont sei, vollständig, da die Störungen

der Herztätigkeit niemals in einer Trennung der gleichzeitigen Tätigkeit der Vorhöfe oder der Kammern untereinander, sondern stets nur in einer Loslösung des gemeinsamen Rhythmus der Kammern von dem der Vorhöfe bestanden. In die genannten Herzteile wurden feine Häkchen gebracht, an diese Fäden geschlungen, die auf die schon genannte Weise aus dem das Herz umgebenden Glasgefäss geleitet wurden. Der Vorhoffaden führte direkt zu dem Aufnahmetambour des Marey'schen Kapselsystems, während der Kammerfaden erst über eine Rolle hinweg zur Kapsel in horizontaler Richtung geleitet war. Durch Gummischläuche waren die Aufnahmekapseln in bekannter Weise mit Schreibkapseln verbunden, die so übereinander standen, dass auf dem Schleifenkymographion immer zuoberst der Vorhof, darunter die Kammer registriert wurde; über der Vorhofskurve folgten Zeitmarken in Sekunden, unter der Kammerkurve die Aufschreibung der Extrareize. Diese wurden an dem äussersten Zipfel des rechten Herzohres an einer Stelle und in einer Stärke gegeben, dass wirksame Stromschleifen auf andere Herzteile vollständig ausgeschlossen waren. Zur Reizung dienten schnell einander folgende Schliessungs- und Öffnungsinduktionsströme. Da die Schliessungsströme unterschwellig waren, ist die Aufwärtsbewegung des Signals als Reiz anzusehen.

Im folgenden seien noch unsere Erfahrungen über die Technik der Durchspülung mitgeteilt. Es kam uns vor allem darauf an, auch bei Hunden das Eintreten von Flimmern zu vermeiden, was uns nach Anwendung folgender Regeln fast ausnahmslos gelang. Das Tier wird ausschliesslich mit Äther narkotisiert. Beide Karotiden werden freigelegt, und daraus das Tier entblutet, das Blut sofort durch Schlagen defibriniert. Durch Nackenstich werden die terminalen Atemzüge sistiert und nun möglichst schnell der Brustkorb eröffnet, das Herz nach Spalten des Beutels mit der linken Hand gefasst und etwas vorgezogen. Durch einen Schnitt mit einer grossen gekrümmten Schere werden alle Gefässe an der Wurzel möglichst entfernt vom Herzen durchtrennt und dieses sofort in körperwarme Kochsalzlösung gebracht. Wir fanden es wichtig, das Herz bei den weiteren Manipulationen bis zum Beginn der Durchspülung nicht abkühlen zu lassen. Unter die Aorta wird in der Salzlösung ein starker Faden gezogen, der Aortenbogen aufgeschlitzt und eine passende Kanüle eingebunden. Nun ist nur noch nötig, zu sorgen, dass die Kanüle und das Herz luftleer sind. Wenn man die noch kräftig anhaltenden

Kontraktionen der Kammern manuell etwas unterstützt, kann man leicht die Luft aus dem in der Flüssigkeit liegenden Herzen entfernen und die Aortenkanüle mit einer Pipette noch auffüllen. Dann schliesst man die Kanüle an dem aufgesteckten kurzen Gummischlauch durch Fingerdruck ab und steckt den Schlauch an den Kanülenansatz des schwach laufenden Durchspülungsapparates. Wenn man so schnell arbeitet, dass das Herz nun noch gut pulsiert, und in der Regel ist Zeit genug, dass ohne Überhastung gearbeitet werden kann, so wird man mit geringen Ausnahmen von vornherein ein kräftig schlagendes, nicht flimmerndes Herz zur Verfügung haben. In den wenigen Fällen, in denen durch irgendein Versehen doch Flimmern eintrat (einmal starb das Tier vorzeitig in Narkose, ehe die Vorbereitungen ganz beendet waren), wendeten wir die von Hering[1]) empfohlene Injektion von 1%iger KCl-Lösung in die Aortenkanüle (durch ein am Manometerrohr angebrachtes Zweigrohr) mit günstigem Erfolge an. Bei den operativen Eingriffen trat nie Flimmern ein.

C. Methodik der Bündeldurchschneidung.

Für die Bündeldurchschneidung konnte für uns nur ein Weg in Betracht kommen, der einen Schnitt unter Leitung des Auges derart ermöglichte, dass das Bündel mit grosser Sicherheit sofort getroffen wurde. Wir gingen wie Hering vom rechten Vorhof aus vor. Das Herz wurde am Apparat so aufgehängt, dass das rechte Herzohr dem Operierenden zugewendet war. In seine Hinterwand wurde ein annähernd senkrechter, also in der Längsachse des Herzens verlaufender Schnitt von einer sich nach der Grösse des Herzens richtenden Länge (etwa $^1/_2$—1 cm) angelegt; sein Abstand vom Herzohrrand betrug am Hundeherzen etwa $^1/_2$ cm. Grössere Coronargefässe, die am durchspülten Herzen leicht sichtbar sind, wurden geschont. Im übrigen war nur darauf zu achten, dass keine Teile des Vorhofs verletzt wurden, welche für die normale Herztätigkeit etwa unentbehrlich waren. Um in dieser Hinsicht ganz sicher zu gehen, wurde in der grossen Mehrzahl der Fälle nach Anlegung des Vorhofschnittes nochmals registriert und die Leitung der Vorhofextrareize zur Kammer geprüft, wodurch in dieser Richtung

---

1) H. E. Hering, Über die Wirksamkeit des Accelerans auf die von den Vorhöfen abgetrennten Kammern isolierter Säugetierherzen. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 17 S. 3. 1903.

gehende Einwände ausgeschlossen sind. Es sei aber noch erwähnt, dass wir uns stets von der Stelle des sogenannten Vorhofknotens entfernt hielten. In den Vorhofschnitt wurde ein passendes Speculum eingeführt und so von dem Assistierenden gehalten, dass das Licht einer hellen elektrischen Lampe, die sich in einem mit Linse versehenen Blechgehäuse befand, die Grenze zwischen Vorhof- und Kammerseptum gut beleuchtete. Der Operierende behielt beide Hände zur Hantierung des Messers und zum Gegenhalten des Herzens frei. Die Orientierung zur Schnittführung ergab sich bei Katzen an der fast stets gut sichtbaren Pars membranacea des Septum. In dieses wurde eine schmale doppelschneidige Lanzette senkrecht eingestochen und schräg nach unten und gleichzeitig etwas zur linken Hand des Operierenden (also etwas dorsalwärts bezüglich des Herzens) durchgezogen; der Winkel zur Senkrechten betrug zweckmässig 45 Grade. Durch diesen Schnitt wurde beabsichtigt, den Hauptstamm des Bündels zu treffen. Auf weitere bei der Katze notwendig gewordene Schnittführungen wird erst später zurückzukommen sein. Weniger einfach war die Orientierung bei Kaninchen, da in der Regel die Pars membranacea des Ventrikelseptum nicht so leicht zu sehen war und auch etwas oberhalb der sichtbaren weisslichen Stelle einzuschneiden war. Durch die grosse bei Katzen erlangte Übung gelang es uns aber auch hier, den Schnitt, den wir mehr horizontal ausführten, an die richtige Stelle zu legen. Bei Hunden, Affen und Ziegen richtet man sich für den Einstich nach der Ansatzlinie des mittleren Segels der Tricuspidalklappe. Auch an kleinen Herzen, z. B. den recht kleinen Affen, die uns zur Verfügung standen, kann man sich diese Linie leicht deutlich machen, wenn man eine gekrümmte Sonde unter das Klappensegel schiebt. Tawara empfiehlt nun bei seinem Vorschlag zur Bündeldurchschneidung, etwa 2 mm unter dem oberen Ende der Ansatzlinie einzustechen und nicht ganz parallel zu derselben, sondern ein wenig senkrechter einzuschneiden. Wir fanden es einfacher und ebenso gut, den Schnitt möglichst parallel zum Klappenansatzrand anzulegen. Es wurde dicht rechterhand und unter der Linie etwa in der Mitte ihrer Länge senkrecht zur Septumfläche eingestochen, an einer Stelle also, die etwas unterhalb des Bündelhauptstammes liegt, und nun nach oben bis beinahe an die Vereinigungsstelle zwischen Ansatzlinie des mittleren und vorderen Tricuspidalsegels, ein Punkt, der aber keinesfalls erreicht werden darf, hinaufgeschnitten. Auf genaue Senkrechthaltung des Messers zur Septumebene ist zu

achten, da man zuerst leicht den Fehler macht, die Messerspitze etwas zu neigen, wodurch der Bündelstamm oberhalb des Schnittes bleibt. Man hat nun fast immer ein sehr gutes Kriterium dafür, ob man weit genug nach oben, nach den Aortenklappen hin, geschnitten hat, und dies ist der Grund, weshalb wir von unten nach oben schnitten. Es war nämlich fast ausnahmslos die Überleitung im Herzen nach dem Einstich des Messers unverändert, und es konnte nun so weit mit Vorsicht nach oben geschnitten werden, bis plötzlich ein mehr oder weniger langer Stillstand der Kammern oder starke Verlangsamung ihres Schlages eintrat, an welcher sich die Aufhebung der Überleitung sofort erkennen liess. Daraus geht auch weiter hervor, dass im Bereich der unteren etwa 2 mm der ausgeführten Schnitte niemals die überleitenden Elemente lagen (Breite des Messers). Mehrfaches Einschneiden oder nachträgliche Verlängerungen der Schnitte waren bei diesem Verfahren nicht notwendig. War einmal eine Überleitungsstörung nicht erhalten (bei Hund 12 z. B. wurde der Schnitt zu klein, weil irrtümlicherweise eine Verletzung der Aortenklappen angenommen war), oder stellte sich die Überleitung infolge schneller Erholung der vielleicht zum Teil nur gequetschten Leitungsapparate nachträglich wieder her, so waren darin wertvolle Kontrollexperimente gegeben, welche eine nachträgliche Verlängerung des Schnittes unangebracht erscheinen liessen.

Nach Vollendung des Schnittes wurde sofort von dem Assistierenden das das Herz umgebende Glas wieder hoch geschoben und die Marey'schen Aufnahmekapseln wieder so weit entfernt, dass die Fäden gespannt waren und die Registrierung wieder nach Wunsch in Tätigkeit gesetzt war. So wurde zwischen Durchschneidung und Wiederbeginn der Registrierung nur möglichst wenig Zeit verloren.

D. Kurvenmessung.

In den nachfolgenden Versuchstabellen sind im zweiten und dritten Stabe die Zeiten für je 20 Systolenabstände des Vorhofs und der Kammer angegeben. Bei starker Verlangsamung des Kammerschlags wurden meist nur etwa fünf Abstände gemessen und auf zwanzig aufgerechnet. Ferner wurden die Verhältniszahlen der Vorhof- und Kammerfrequenz aus den vorigen Zahlen ermittelt. Aus diesen Verhältniswerten ergibt sich sehr anschaulich, ob Koordination (Zahlenverhältnis 1 : 1 oder Stammbrüche $^1/_2$, $^1/_3$ usw.) bestand oder Dissoziation. Diese Frequenzbestimmungen wurden an einer grösseren

Anzahl von Stellen des Versuchsverlaufs ausgeführt. Von einigen Versuchen teilen wir noch Kurven mit; bei der grossen Zahl der Versuche konnte es sich natürlich nur darum handeln, einige Beispiele zu geben. Bei den Kurven ist bemerkt, zu welcher Reihe der entsprechenden Tabelle das Stück gehört. Es handelt sich dabei aber nur um eine ungefähre Angabe, insofern, als häufig nicht gerade das gemessene Kurvenstück abgebildet wurde, sondern ein in der Nähe befindliches. Kleine Unterschiede der Frequenzen und Frequenzverhältnisse zwischen Kurve und Tabelle können deshalb schon vorhanden sein. In allen Kurven ist in der obersten Linie die Zeit in Sekunden, in der zweiten der linke Vorhof, in der dritten die linke Kammer und in der vierten die Reizung verzeichnet. Die Kurven sind in Originalgrösse wiedergegeben, mit Ausnahme derjenigen der Fig. 63, welche auf $^{2}/_{3}$ verkleinert ist.

E. Darstellung der Lage des operativen Schnittes.

Im Gegensatz zu der mehr beispielsweisen Mitteilung von Kurven war es notwendig, von jedem Versuch eine Anschauung von der Schnittlage zu verschaffen. In den meisten Fällen wurde hierfür eine schematische Darstellung gewählt, indem der operative Schnitt in ein für alle Fälle derselben Tierart gleichbleibendes Schema unter Berücksichtigung der relativen Grössenverhältnisse eingezeichnet wurde. In einigen besonders wichtigen Fällen wurden aber Photographien der operierten Herzen, und zwar der linken Seite des Kammerseptum aufgenommen. Es war am günstigsten, die Herzen erst in Müller-Formol zu fixieren, in Wasser auszuwaschen und in Alkohol zu härten und dann in der Flüssigkeit in einem ebenen Glasgefäss zu photographieren. So wurden die sonst störenden Lichtreflexe in bekannter Weise vermieden. Die Ziegenherzen wurden direkt frisch nach der Sektion in Wasser aufgenommen, wodurch sich eine Überexposition für die sehr helle Aorta nicht vermeiden liess, wenn die wichtigeren Einzelheiten der Septumwand gut herauskommen sollten. In die Taschen der Aortenklappen wurde je ein Blutströpfchen, mit Flüssigkeit verdünnt, eingefüllt; durch diesen kleinen Kunstgriff traten sie auf den Bildern mit genügender Deutlichkeit hervor.

F. Mikroskopische Untersuchung.

Sehr grosser Wert musste naturgemäss auf eine gründliche mikroskopische Untersuchung der operierten Herzen (Gegend des Bündels) gelegt werden. Die Schnittrichtung der Serien war stets annähernd parallel dem unteren Ansatzrand der Aortenklappen, also parallel zum Verlauf des Bündelhauptstammes. Wir glauben, dass nur diese Schnittrichtung eine hinreichend sichere Beurteilung der in unseren Fällen zum Teil sehr verwickelten Verhältnisse gestattet. Die Herzen wurden nach van Gieson gefärbt. Dabei nimmt bekanntlich das Bindegewebe einen leuchtend roten, die Muskulatur einen grünlich-gelblichen Farbenton an. Der vorhandene Unterschied in der Färbung zwischen Bündel und sonstiger Muskulatur ist in den Abbildungen etwas verstärkt, was im Interesse der Übersichtlichkeit nichts schadet. Wir konnten natürlich nur von einzelnen Fällen Zeichnungen nach mikroskopischen Präparaten wiedergeben, auch hier kann es sich nur um Erläuterung an einzelnen Beispielen handeln. Das Ergebnis der übrigen, über alle Versuche durchgeführten Serienuntersuchung ist den Versuchsprotokollen beigegeben. Dabei wurde nur das für die Frage nach der Bündeldurchtrennung Wichtige hervorgehoben; rein anatomische Fragen sind hier nur gelegentlich berührt. Ausserdem versuchten wir den ungefähren Bündelverlauf in seiner Beziehung zum operativen Schnitt nach dem Ergebnis der Serie rein schematisch in die Schemen der Herzen einzutragen, damit die Anschaulichkeit der Resultate eine grössere wird. Es braucht wohl kaum weiter betont zu werden, dass es sich dabei nicht um eine genaue Rekonstruktion handeln honnte, sondern dass nur der wesentliche Befund wiederzugeben versucht wurde. Bei den Ziegenherzen war eine derartige Darstellung nicht weiter nötig, da auf den Photographien der Verlauf des linken Schenkels ohne weiteres zu sehen ist und einen genügenden Anhaltspunkt gibt.

Im einzelnen war die histologische Untersuchungsmethode folgende: Das von der linken Kammer her eröffnete Herz wurde mit Nadeln auf Kork derart aufgesteckt, dass die Scheidewand vollständig eben ausgebreitet war. Fixierung in Müller-Formol je nach der Grösse 24 bis 48 Stunden lang. Auswaschen in fliessendem Wasser für die gleiche Zeit. Alkohol 70 %, in welchem die Herzen, wenn nötig, lange aufgehoben werden können. Zur weiteren Untersuchung wurde ein Stück herausgeschnitten, welches sich vom oberen Rand der

Aortenklappen bis zu einer diesem parallelen Linie erstreckte, die etwas unterhalb des unteren Endes des experimentellen Schnittes lag. Die seitlichen Begrenzungen des Stückes bildeten Linien, die von dem rechten Ansatzpunkt der rechten, und den linken Ansatzpunkt der hinteren Aortenklappe senkrecht abwärts gezogen waren. In einigen Fällen musste das Stück wegen der Länge der Schnittverletzung etwas breiter genommen werden. Nach Entwässerung (Alkohol 96 % und absol.) folgte Celloidin für 5—7 Tage, eine Behandlung, die nur bei den ersten Serien wegfiel, später aber eingeführt wurde, weil in dieser Weise das Endokard, unter welchem die Bündelausbreitungen direkt liegen, sehr vollkommen erhalten blieb. Nachdem die Stücke etwas an der Luft getrocknet waren, kamen sie in Zedernholzöl und weiter in Paraffin. Die Schnittrichtung war die horizontale, d. h. parallel zum Ansatzrand der Aortenklappen. Die Schnittdicke betrug in der Regel 8 μ, und jeder 5. Schnitt wurde aufgeklebt und mit Eisenhämatoxylin und Pikrin-Fuchsin gefärbt.

G. Mitteilung der eigenen Versuche in Tabellenform mit Kurven und Herzabbildungen.

Erklärung der in den Tabellen gebrauchten Abkürzungen.

V = Vorhofkontraktionen,
K = Kammerkontraktionen,
v = vor,
n = nach,
VS = Vorhofschnitt,
SS = Septumschnitt (d. h. der Schnitt, mit welchem in der Regel die Bündeldurchschneidung beabsichtigt war),
V:K = Verhältnis der Systolenabstände von Vorhof zu Kammer,
VEs = Vorhofextrasystole.

Bemerkungen zu den Tabellen und Abbildungen.

Die atypischen Fasern (bei Katzen und Kaninchen, vgl. S. 74) sind nur erwähnt, wenn sie für den Verlauf des Versuchs eine Rolle spielen. Die genaue Lage des Bündelstamms zur Höhe der Aortenklappe wurde im einzelnen in den Zeichnungen nur berücksichtigt, wenn es hierauf zum Verständnis der Versuche ankommt.

Katze 4.

Zeit	Dauer für 20 V in Sekunden	Dauer für 20 K in Sekunden	V : K (sowie Bemerkungen)
1. v VS	15,1	15,1	1 : 1
2. n VS	16,1	16,1	1 : 1
3. Gleich n SS	17,2	17,2	1 : 1
4. 5 Min. n SS	20,3	20,3	1 : 1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt läuft zwischen den zahlreichen atypischen Fasern und der Hauptmasse des linken Schenkels, ohne viele Bündelfasern zu treffen.

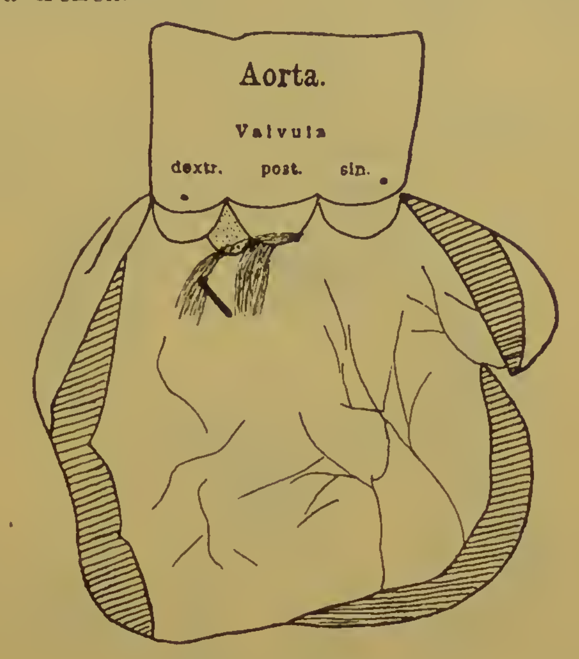


Fig. 2. Katze 4.

Katze 5.

1.	v SS	8,3	8,3	1 : 1	
2.	Gleich n SS	8,6	8,6	1 : 1	
3.	1 „ n SS	13	13	1 : 1	
4.	2 Min. n SS	14	14	1 : 1	(Verlangsamung, infolge schlechterer Durchspülung; Klappe angeschnitten!)

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft das Bündel an der Teilung; der untere Teil des linken Schenkels ist nicht durchschnitten, ebenso einige atypische Fasern.

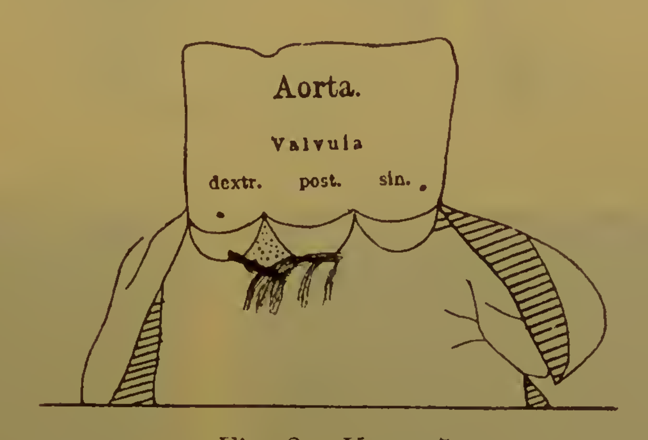


Fig. 3. Katze 5.

Katze 6.

1.	$2^1/_2$ Min. v SS	8,7	8,7	1 : 1
2.	Gleich n SS	9,15	9,15	1 : 1
3.	4 Min. n SS	11,3	11,3	1 : 1
4.	8 „ n SS	13.3	13,3	1 : 1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels, jedoch erst, nachdem eine grosse Zahl atypischer Fasern den Stamm schon verlassen hat. Diese blieben also undurchschnitten.



Fig. 4. Katze 6.

Katze 7.

1.	$4^1/_2$	Min.	v SS	9,4	9,4	1 : 1	(Fig. 6)
2.	$^1/_2$	„	n SS	9,7	9,7	1 : 1	(Fig. 6)
3.	5	„	n SS	13,4	13,4	1 : 1	
4.	18	„	n SS	18,8	18,8	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt das Bündel im Hauptstamm kurz vor der Teilung in den rechten und linken Schenkel. (Vgl. Tafelfig. 7.) Der Schnitt liegt aber ventralwärts vom Abgang zahlreicher atypischer Fasern, die also undurchschnitten bleiben. (Vgl. Tafelfig. 8.)



Fig. 5. Katze 7.

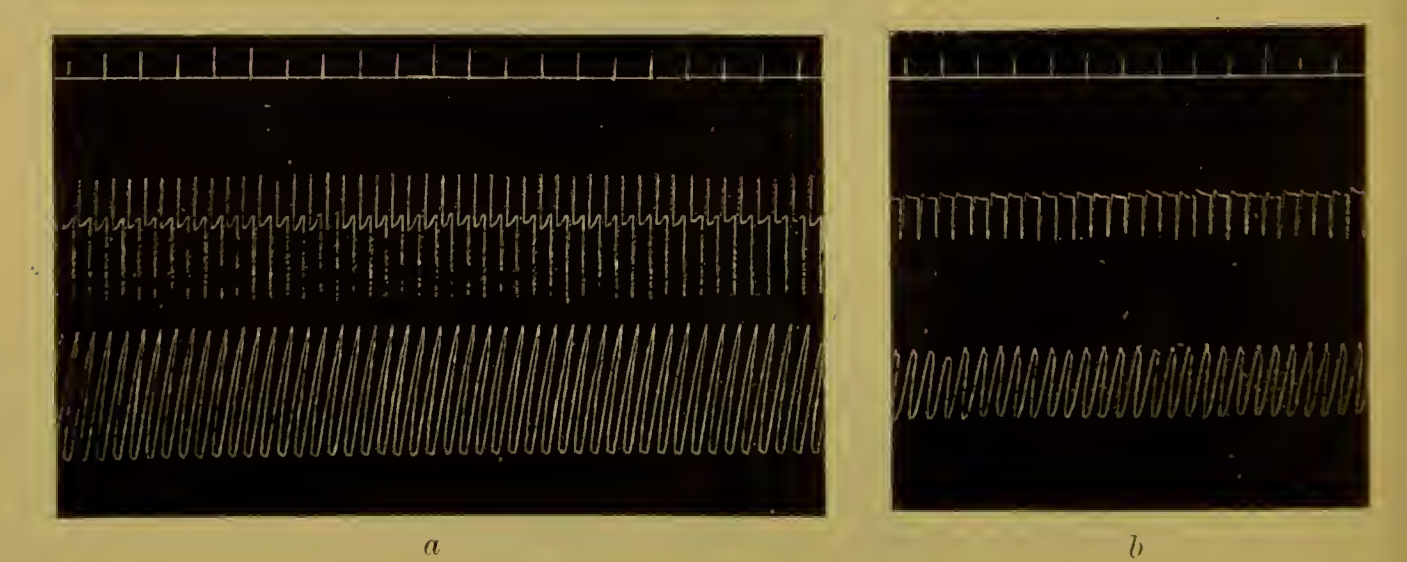


Fig. 6. Katze 7. *a* vor dem Septumschnitt, *b* nach dem Septumschnitt (vgl. 1 und 2 der Tabelle).

Katze 8.

1.	$4^1/_2$ Min. v S S	6,8	6,8	1 : 1
2.	1 „ n S S	9,1	9,1	1 : 1
3.	5 „ n S S	9,4	9,4	1 : 1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt liegt innerhalb der schon abwärts ziehenden Faserung des linken Schenkels, dessen Hauptmasse ebenso wie der rechte Schenkel unverletzt blieben.



Fig. 7. Katze 8.

Katze 9.

1.	v d. 1. S S	6,5	6,5	1 : 1	Orientierung über Pars membr. schwierig. Diesmal drei Einschnitte ausgeführt
2.	n d. 1. S S	6,5	6,5	1 : 1	
3.	n d. 2. S S	6,9	6,9	1 : 1	
4.	n d. 3. S S	8,2	8,2	1 : 1	
5.	3 Min. n d. 3. S S	9	9	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der dritte experimentelle Schnitt durchtrennt den rechten Schenkel und den dorsalen Teil des linken Schenkels. Dessen ventraler Teil sowie vorzeitig aus dem Hauptstamm abbiegende atypische Fasern bleiben erhalten.



Fig. 8. Katze 9.

Katze 12.

1.	$1^3/_4$ Min. v S S	12,2	12,2	1 : 1
2.	1 Min. n S S	9,2	9,2	1 : 1
3.	5 „ n S S	10,9	10,9	1 : 1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft die Bündelschenkel an der Teilung; jedoch bleiben die dorsalen, schon senkrecht abwärts ziehenden Fasern des linken Schenkels ebenso wie atypische Fasern unverletzt.

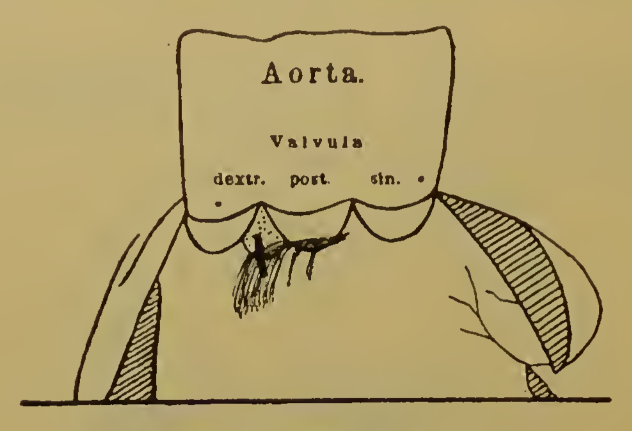


Fig. 9. Katze 12.

Katze 13.

1.	$1^1/_2$ Min.	v SS	11	11	1 : 1	
2.	$2^1/_2$ „	n SS	14	14	1 : 1	Nach dem Schnitt spontane Vorhof-extrasystolen, die übergeleitet werden. (Desgleichen vor dem Schnitt.)
3.	8 „	n SS	14,05	14,05	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft die Bündelschenkel an der Teilung; jedoch bleiben die dorsalen, schon senkrecht abwärts ziehenden atypischen Fasern des linken Schenkels unverletzt.



Fig. 10. Katze 13.

Katze 14.

1.	$1^1/_4$ Min.	v SS	8,48	8,48	1 : 1
2.	$1^1/_2$ „	n SS	9,56	9,56	1 : 1
3.	$3^1/_2$ „	n SS	8,52	8,52	1 : 1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft das Bündel ganz dorsal im Ursprungsgebiet. Es bleiben aber ventral vom Schnitt Teile des Bündelursprungs in Beziehung zur Vorhofmuskulatur, so dass das Bündel eine anatomische Kontinuität zwischen Vorhöfen und Kammern aufrecht erhält.

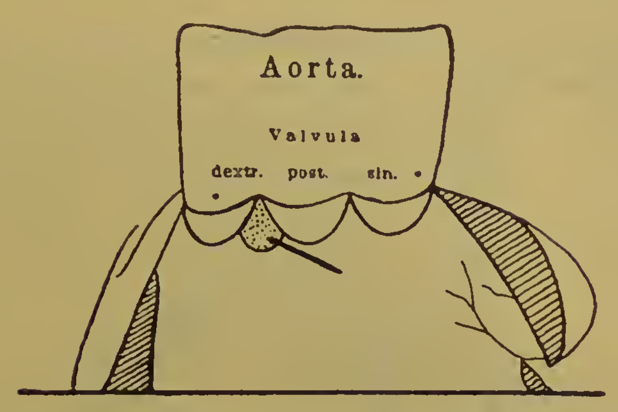


Fig. 11. Katze 14. Die Einzeichnung des Bündels liess sich hier wegen der komplizierten Verhältnisse und der nur schematischen Wiedergabe des Schnittes nicht gut ausführen. Näheres ist den Protokollen zu entnehmen.

Katze 15.

1.	1½ Min.	v SS	8,37	8,37	1 : 1
2.	2 „	n SS	10,8	18,6	1 : 1,72
3.	4 „	n SS	10,3	13,4	1 : 1,3
4.	4½ „	n SS	10,6	10,6	1 : 1
5.	7½ „	n SS	11,3	11,3	1 : 1
6.	13½ „	n SS	13	13	1 : 1

Sektionsbefund: Der unter der Valv. dextra hinziehende Schnitteil (in der Figur etwas dünner gezeichnet) betrifft nur die linke Septumwand, während die dem rechten Ventrikel zugekehrte Wand hier unverletzt blieb.

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt, der im ganzen parallel zum Bündelhauptstamm verläuft, lässt unter sich einen Teil des Hauptstamms in Verbindung mit Vorhofmuskulatur und mit der peripheren Ausbreitung der Schenkel intakt zurück.



Fig. 12. Katze 15.

Katze 16.

1.	1½ Min.	v SS	6,53	6,53	1 : 1	
2.	¾ „	n SS	9,25	22,2	1 : 2,4	
3.	2½ „	n SS	9,28	12,6	1 : 1,36	(Danach Blutzusatz)
4.	12½ „	n SS	6	15	1 : 2,5	
5.	17 „	n SS	8,34	13,4	1 : 1,6	
6.	21½ „	n SS	7,78	13	1 : 1,68	
7.	43½ „	n SS	11,8	17,2	1 : 1,46	
8.	48 „	n SS	11,1	18	1 : 1,62	

Im Verlaufe des Versuchs nach dem SS häufig spontane VEs, die nicht zur Kammer übergeleitet werden.

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft den Hauptstamm des Bündels weit zurück gegen seinen Ursprung hin; keine Faser bleibt undurchschnitten.



Fig. 13. Katze 16.

Katze 17.

1.	2 Min. v SS	9,1	9,1	1:1
2.	1 „ n SS	7,59	7,59	1:1

Schon aus der Lage des Schnittes geht die Unverletztheit des Bündels hervor.

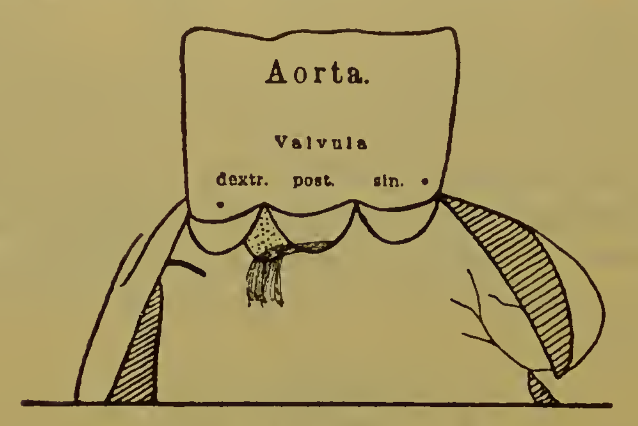


Fig. 14. Katze 17.

Katze 19.

1.	3 Min. v SS	7,59	7,59	1:1
2.	1 „ n SS	10,2	10,2	1:1
3.	6 „ n SS	10,6	10,6	1:1

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt verläuft dorsoventral parallel zur Richtung des Bündelstamms), sein dorsales Ende erreicht nur den rechten Schenkel und einige Fasern des linken, dessen Hauptmasse intakt bleibt.

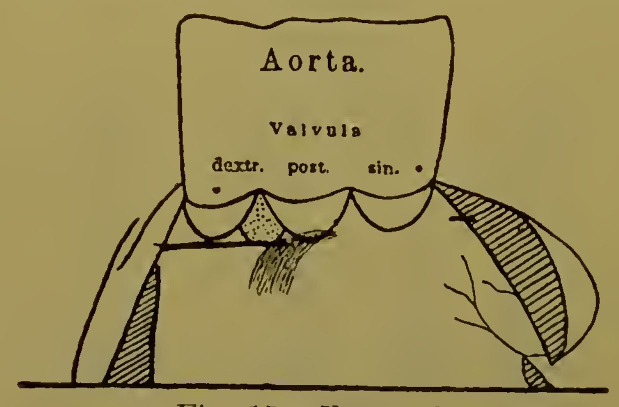


Fig. 15. Katze 19.

Katze 20.

1.	1 Min. v SS	5,53	5,53	1 : 1
2.	1½ Min. n SS	7,81	8,16	1 : 1,04
3.	4½ „ n SS	7,81	7,81	1 : 1
4.	6½ „ n SS	8,16	7,7	1 : 0,94
5.	10 „ n SS	8,5	8,5	1 : 1
6.	15 „ n SS	8,2	8,4	1 : 1,03

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt die Schenkel an der Teilungsstelle. Dorsal bleiben noch einige undurchschnittene Fasern, die sich noch etwas nach abwärts verfolgen lassen, deren weiteres Verhalten sich aber nicht feststellen lässt.



Fig. 16. Katze 20.

Katze 21.

1.	3½ Min. v SS	6,61	6,61	1 : 1	
2.	3 „ v SS	7,1	7,1	1 : 1	(Fig. 18 *a*)
3.	1½ „ v SS	7,7	7,7	1 : 1	
4.	½ „ n SS	8,91	10,4	1 : 1,16	
5.	5 „ n SS	9,69	9,13	1 : 0,95	
6.	10 „ n SS	11,1	10,5	1 : 0,95	
7.	15 „ n SS	11,7	11,2	1 : 0,96	
8.	20 „ n SS	13,3	12,2	1 : 0,92	(1 Min. später Blutzusatz)
9.	25 „ n SS	6,76	11,9	1 : 1,76	(Fig. 18 *b*)
10.	35½ „ n SS	6,2	13,1	1 : 2,1	(Fig. 18 *b*)
11.	38½ „ n SS	7,01	18,9	1 : 2,7	(V Es nicht übergeleitet, Fig. 18 *c*)
12.	44 „ n SS	7,15	19,1	1 : 2,67	
13.	49½ „ n SS	8,1	19,1	1 : 2,35	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels unmittelbar vor seiner Teilung in linken und rechten Schenkel (vgl. Tafelfig. 5), jedoch erst nachdem die atypischen Fasern sich vom Hauptstamm abgelöst haben. Diese selbst sind grösstenteils durch die Fortsetzung des experimentellen Schnittes noch durchtrennt; ein kleiner Teil aber wird nicht erreicht und bleibt undurchschnitten (vgl. Tafelfig. 6).

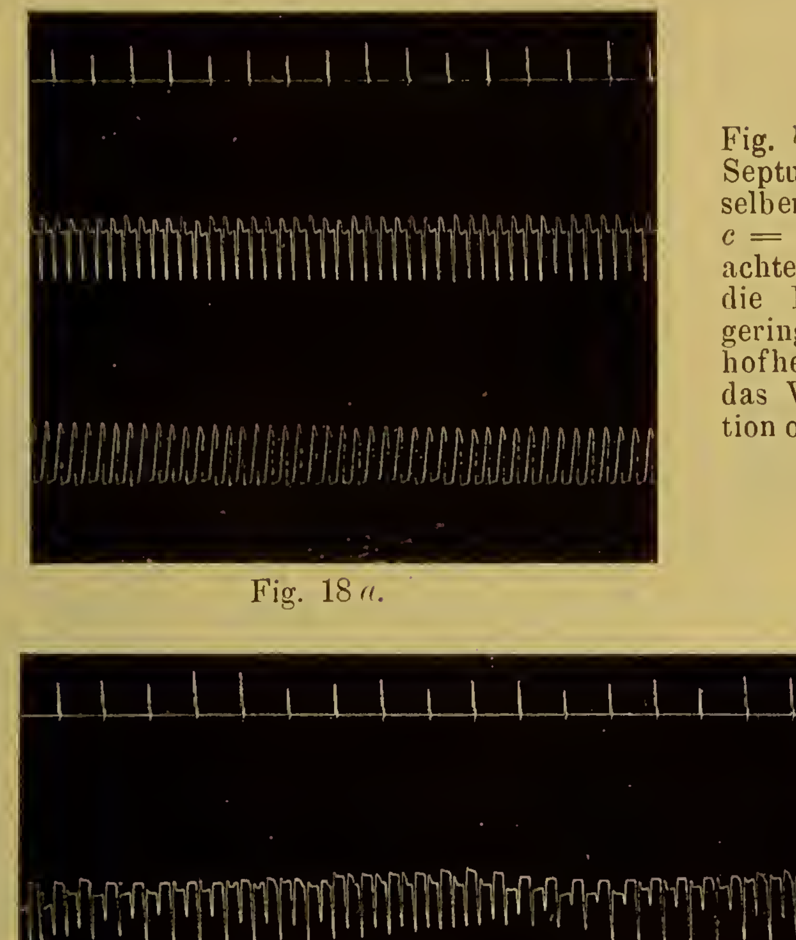


Fig. 18 a.

Fig. 18. Katze 21. *a* vor dem Septumschnitt, *b* und *c* nach demselben ($a = 2$; $b = 9$ bis 10; $c = 11$ der Tabelle). Man beachte in *b* an der Vorhofkurve die Interferenzen, welche vom geringen Zug der Kammer am Vorhofhebel herrühren und welche das Vorhandensein der Dissoziation ohne weiteres erkennen lassen.

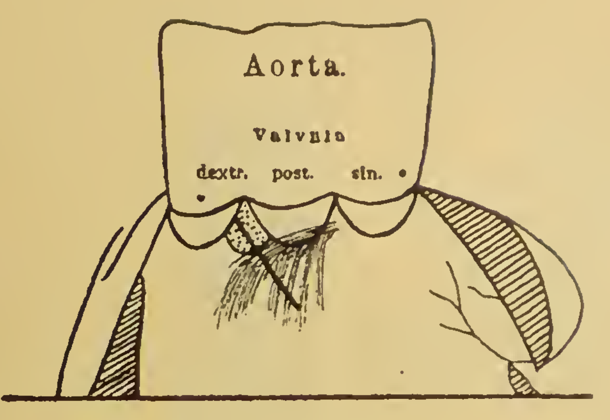


Fig. 17. Katze 21.

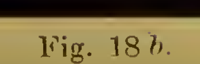


Fig. 18 b.

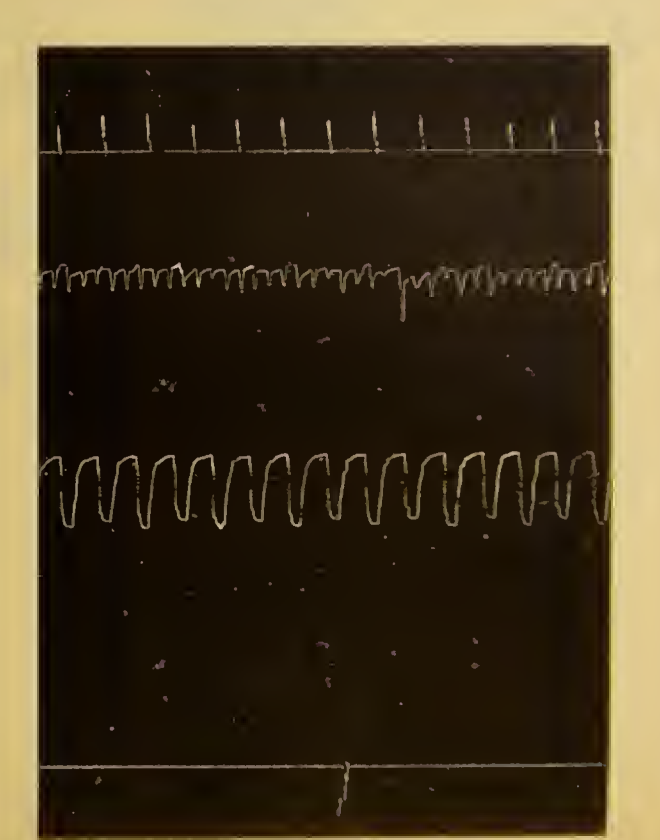


Fig. 18 c.

Katze 22.

1.	4 Min. v VS	5,61	5,61	1 : 1	
2.	3 „ n VS	6,35	6,35	1 : 1	(Fig. 20 *a*)
3.	$1^1/_4$ Min. n SS	7,48	14,96	1 : 2	(SS = 8 Min. n VS)
4.	$2^1/_2$ „ n SS	7,7	7,7	1 : 1	(Darauf Blutzusatz)
5.	5 „ n SS	5,86	11,72	1 : 2	(VEs übergeleitet, Fig. 20 *b*)
6.	9 „ n SS	5,3	15,9	1 : 3	
7.	10 „ n SS	5,2	5,2	1 : 1	(Fig. 20 *c*)
8.	21 „ n SS	5,89	5,89	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft den Hauptstamm des Bündels in paralleler Richtung in der Weise, dass intakte Fasern sowohl über als auch unter dem Schnitt erhalten bleiben (vgl. Tafelfig. 9, in welcher durchschnittene Fasern, und Tafelfig. 10, in welcher erhaltene Fasern dargestellt sind).

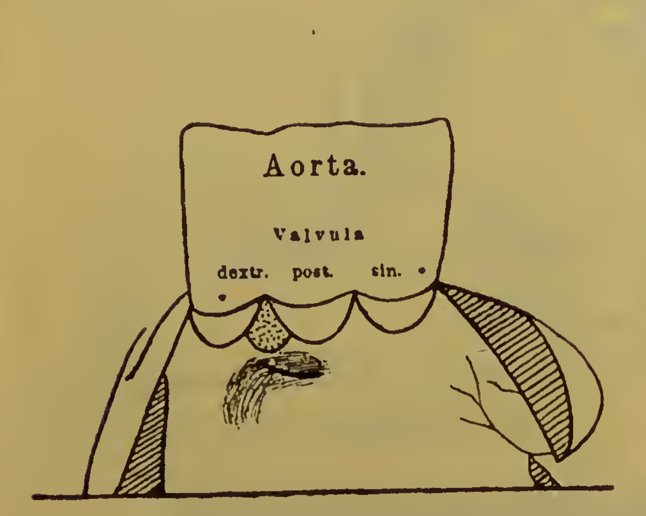


Fig. 19. Katze 22.

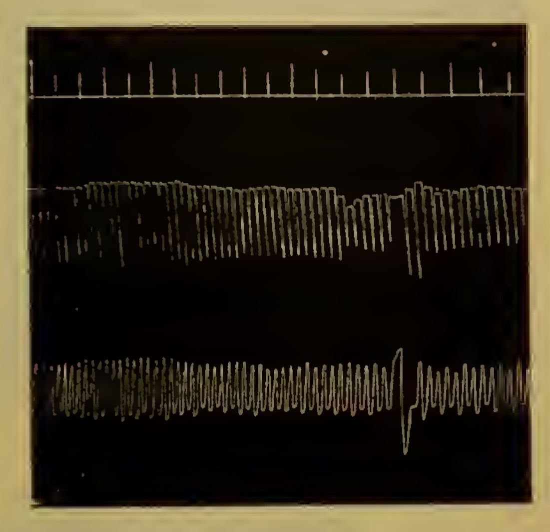


Fig. 20 *a*.

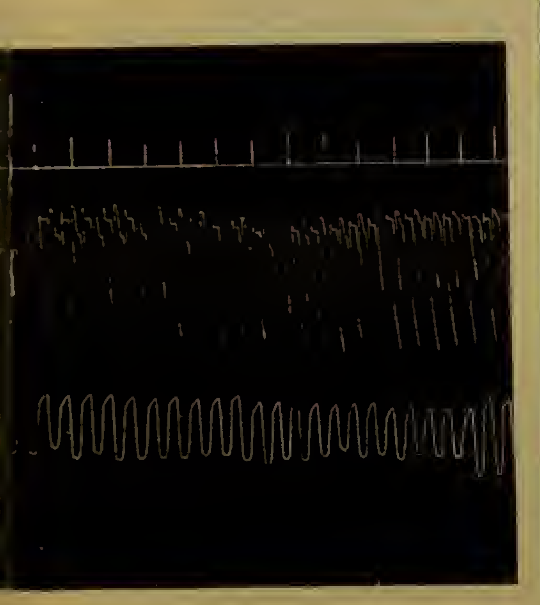


Fig. 20 *b*.

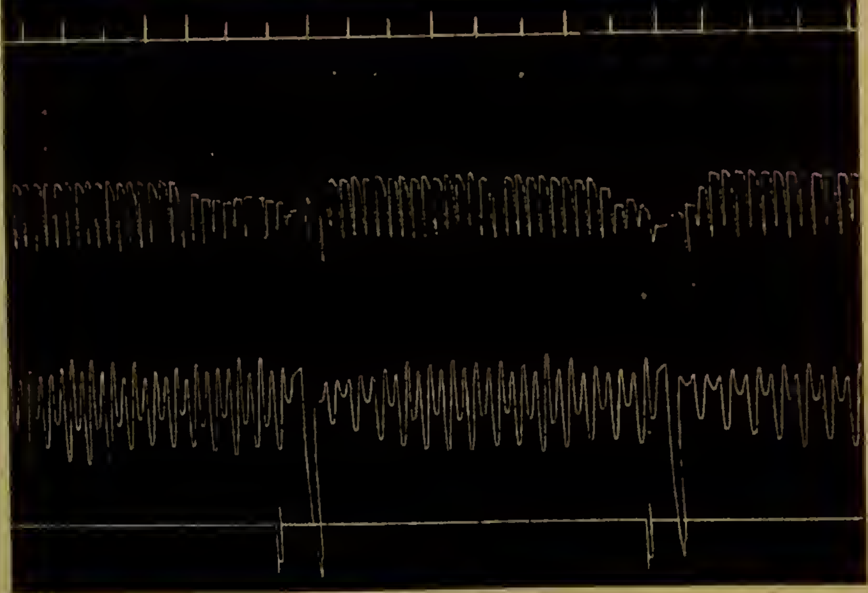


Fig. 20 *c*.

Fig. 20. Katze 22. *a* vor, *b* und *c* nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 5; *c* = 7 der Tabelle). Vorübergehende Störung der Überleitung.

Katze 23.

Vorzeitiger Tod des Tieres in Äthernarkose. Kammern flimmern zunächst, Beseitigung durch KCl.

1.	½ Min. v VS	8,42	8,42	1 : 1	
2.	3 „ n VS	8,42	8,42	1 : 1	
3.	2 „ n SS	8,34	11	1 : 1,32	(SS = 3½ Min. n VS)
4.	5 „ n SS	8,8	10,3	1 : 1,16	(Darauf: VEs nicht übergeleitet)

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt endet nach oben noch im Bündelhauptstamm, so dass einige Fasern desselben erhalten blieben.



Fig. 21. Katze 23.

Katze 24.

1.	½ Min. v VS	8,1	8,1	1 : 1	
2.	Darauf				VEs übergeleitet
3.	4 Min. n Vs	8,46	8,46	1 : 1	
4.	1½ „ n SS	13,1	13,1	1 : 1	(SS = 8½ Min. n VS)
5.	3½ „ n SS	8,9	8,9	1 : 1	(½ Min. vorher Blutzusatz)
6.	8½ „ n SS	8,5	8,5	1 : 1	(VEs übergeleitet)

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt verschont zunächst nur den unteren-rechten Teil des Bündelstammes; dieser Teil ist zwar weiter ventralwärts für sich isoliert getroffen, jedoch besteht durch die Zwischenstrecke eine Kontinuität zwischen Bündelursprung und -Ausbreitung.

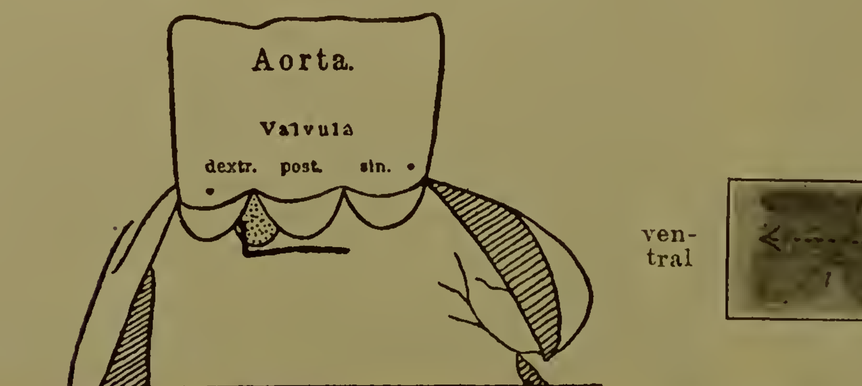


Fig. 22. Katze 24. Vgl. hierzu die Bemerkung Fig. 11 (Katze 14). Die Lage des Schnittes im Bündel ist ganz schematisch in Fig. 23 wiedergegeben.

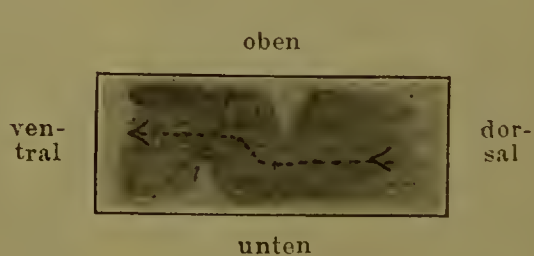


Fig 23. Schema zu Fig. 22 (Katze 24). Der Pfeil bedeutet den mutmasslichen Weg der Erregungsleitung durch das von oben und von unten eingeschnittene Bündel.

Katze 25.

1.	1/2 Min. v VS	7,3	7,3	1 : 1	
2.	1/2 „ n VS	7,52	7,52	1 : 1	(Fig. 25 *a*)
3.	1 „ n SS	7,75	7,75	1 : 1	(SS = 4 Min. n. VS)
4.	Darauf.				VEs übergeleitet (Fig. 25 *b*)
5.	13 1/2 Min. n SS	8,65	8,65	1 : 1	
6.	30 1/2 „ n SS	12,2	12,2	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt Hauptstamm und Schenkel, lässt jedoch ganz dorsal in der Gegend unter der Valv. sinistra eine ziemlich beträchtliche Fasermenge der Ausbreitung des linken Schenkels (atypische Fasern) intakt.



Fig. 24. Katze 25.

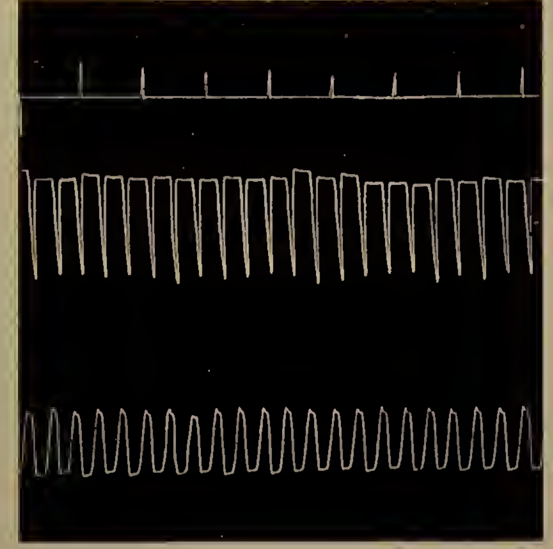


Fig. 25 *a*.

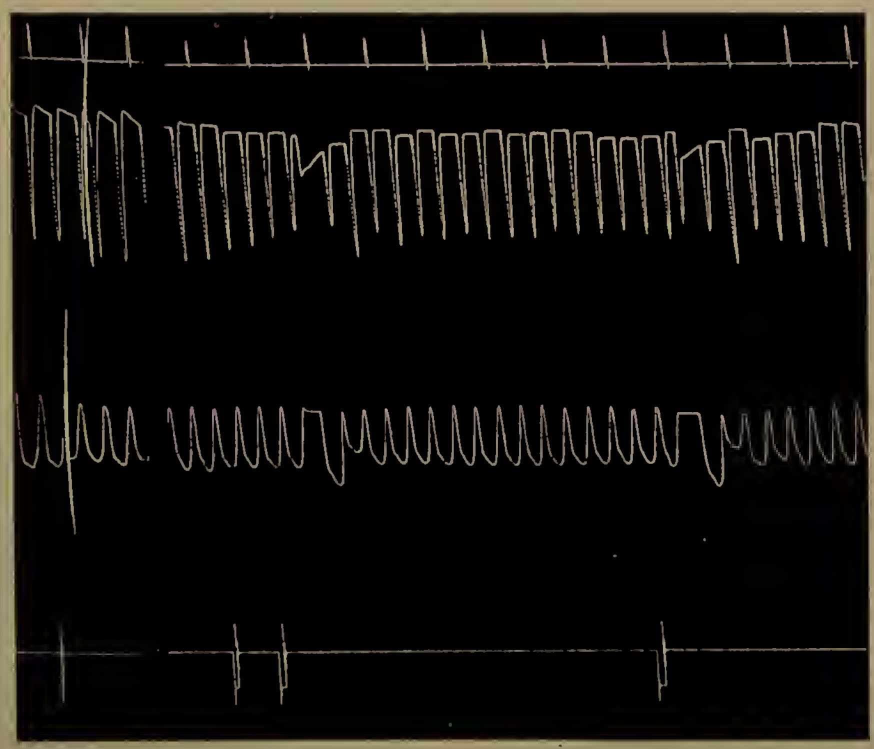


Fig. 25 *b*.

Fig. 25. Katze 25. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 4 bis 5 der Tabelle). Keine Überleitungsstörung.

Katze 26.

1.	10 Sek. v VS	6,12	6,12	1 : 1		
2.	5 Min. n VS					VEs übergeleitet
3.	6 „ n VS	6,65	6,65	1 : 1		
4.	½ „ n SS	6,52	12,4	1 : 1,9		(SS = 8 Min. n VS)
5.	3 „ n SS	5,2	12	1 : 2,3		(1 Min. vorher Blutzusatz)
6.	6 „ n SS					VEs nicht übergeleitet
7.	8 „ n SS	6,21	11	1 : 1,77		
8.	16 „ n SS	5,42	11,4	1 : 2,1		
9.	26 „ n SS	5,98	12,1	1 : 2,07		
10.	34 „ n SS					VEs nicht übergeleitet
11.	35 „ n SS	6,81	13,2	1 : 1,94		
12.	44 „ n SS	5,89	12,4	1 : 2,1		

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt die Bündelfaserung vollständig.



Fig. 26. Katze 26.

Katze 27.

Rhythmusstörung erst auftretend, als Schnitt unter Valv. dextr. fortgesetzt. Kein Blutzusatz.

1.	2½ Min. v VS	8,56	8,56	1 : 1	
2.	1 „ v VS				VEs übergeleitet
3.	Gleich n VS	9,0	9,0	1 : 1	
4.	Gleich n SS	9,2	15,2	1 : 1,65	(SS = 2 Min. n VS)
5.	2 Min. n SS	9,9	9,9	1 : 1	
6.	2½ „ n SS				VEs übergeleitet
7.	3½ „ n SS	9,3	9,3	1 : 1	(schneller Trommelgang)
8.	11 „ n SS	9,3	9,3	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Bündelhauptstamm in schräger Richtung. Atypische Fasern sind ebenfalls durchschnitten. Ventral von dem Schnitt jedoch findet sich noch Vorhofsmuskulatur, welche eine Verbindung mit dem linken Schenkel des Bündels aufrecht erhält.



Fig. 27. Katze 27.

Katze 28.

1.	1 Min. v VS	5	5	1:1	
2.	Gleich n VS	5,1	5,1	1:1	
3.	½ Min. n VS				VEs übergeleitet
4.	1 „ n SS	7,2	7,2	1:1	(SS = 8 Min. n VS)
5.	2 „ n SS				VEs übergeleitet
6.	7 „ n SS	7,35	7,35	1:1	(vorher Blutzusatz)
7	15 „ n SS	5,7	5,7	1:1	VEs übergeleitet

Mikroskop. Befund: Wegen der Unregelmässigkeit des experimentellen Schnittes ist die Verfolgung des Bündelverlaufes schwierig. Jedoch lässt sich sicher feststellen, dass der ventrale Teil der Faserung des linken Schenkels im Zusammenhang mit dem Bündelhauptstamm bleibt. Die weitere Verbindung des Hauptstammes mit dem Vorhof ist nicht zu verfolgen.



Fig. 28. Katze 28.

Katze 29.

1.	Gleich v VS	6,8	6,8	1:1	
2.	„ n VS	7,7	7,7		
3.	2 Min. n VS				VEs übergeleitet
4.	Gleich n SS	10,8	20,1	1:1,86	(SS = 5 Min. n VS)
5.	½ Min. n SS				VEs nicht übergeleitet
6.	2 „ n SS	10,6	24,5	1:2,31	
7.	3 „ n SS	10,2	23	1:2,25	(vorher Blutzusatz)

8.	5½ Min. n SS				V Es nicht übergeleitet
9.	10 „ n SS				dasselbe
10.	13½ Min. n SS	8,82	30,4	1 : 3,44	
11.	19½ „ n SS				V Es nicht übergeleitet

Mikroskop. Befund: Das Bündel ist nahe der Teilung vollständig durchschnitten. (Vgl. Tafelfig. 4.)



Fig. 29. Katze 29.

Katze 30.

1.	½ Min. v VS	7,1	7,1	1 : 1	
2.	Gleich n VS	7,47	7,47	1 : 1	
3.	½ Min. n VS				V Es übergeleitet
4.	½ „ n SS	8,1	8,1	1 : 1	(SS = 5 Min. n VS)
5.	2½ „ n SS				V Es übergeleitet

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den rechten Schenkel vollständig und viele Fasern im ventralen Teil des linken. Die Verbindung zwischen Vorhof und Kammer wird durch den stehen gebliebenen Teil des Bündelstammes und linken Schenkels (atypische Fasern) aufrecht erhalten.

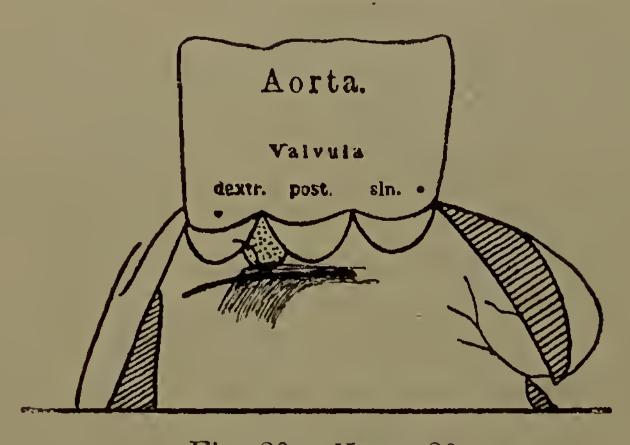


Fig. 30. Katze 30.

Katze 31.

1.	1 Min. v VS	5,72	5,72	1 : 1	
2.	1½ „ n VS	6,3	6,3	1 : 1	
3.	Gleich danach				V Es übergeleitet (Fig. 32 *a*)
4.	1 Min. n SS	6,9	14,0	1 : 2,03	(SS = 5 Min. n VS)

5.	Gleich danach				V Es nicht übergeleitet
6.	2 Min. n S S	6.62	13,1	1 : 1,99	
7.	3 „ n S S				V Es nicht übergeleitet (Fig. 32 *b*)
8.	5½ „ n S S	7,8	16,0	1 : 2,05	(Blutzusatz ½ Min. später)
9.	6½ „ n S S	6,25	14,2	1 : 2,27	
10.	7 „ n S S				V Es nicht übergeleitet
11.	18½ „ n S S	5,49	11	1 : 2	
12.	27 „ n S S	5,09	8,62	1 : 1,7	
13.	33 „ n S S	5,12	8,8	1 : 1,72	
14.	35½ „ n S S				V Es nicht übergeleitet
15.	40 „ n S S	5,28	8,81	1 : 1,67	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels nahe seinem Ursprung aus dem Knoten, zum Teil im Knoten selbst. Die Fasern sind vollständig durchschnitten.

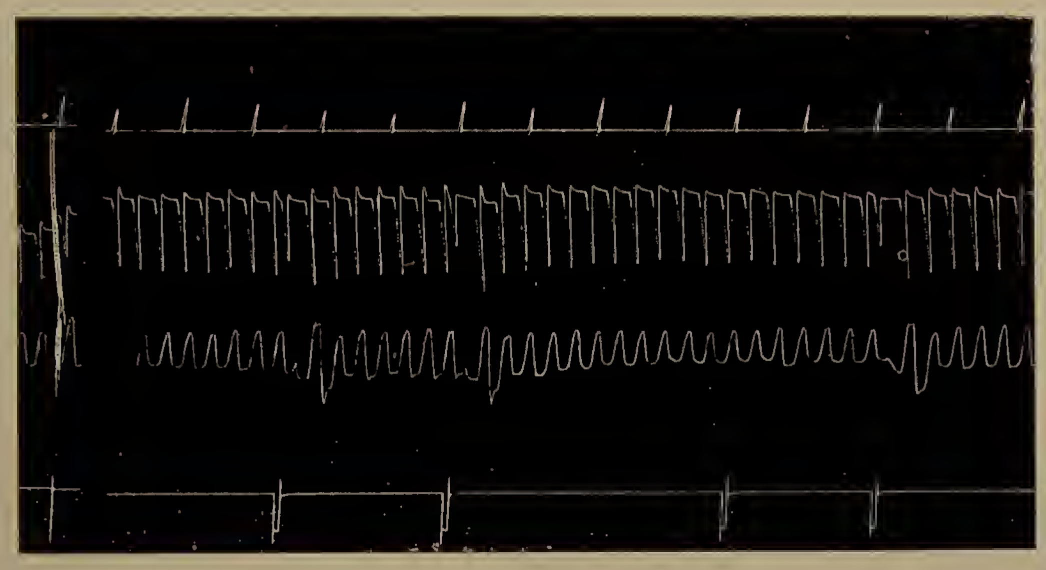


Fig. 32 *a*.



Fig. 32 *b*.

Fig. 32. Katze 31. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 3; *b* = 7 der Tabelle). Aufhebung der Überleitung.



Fig. 31. Katze 31.

Katze 32.

1.	1/2 Min. v VS	5,7	5,7	1:1	
2.	Gleich n VS	6,05	6,05	1:1	
3.	1/2 Min. n VS				VEs übergeleitet
4.	1 Min. n SS	7,22	13,2	1:1,83	(SS = 3 1/2 Min. n VS)
5.	Darauf				VEs nicht übergeleitet
6.	2 1/2 Min. n SS	7,7	13,3	1:1,72	
7.	6 „ n SS	6,53	9,1	1:1,39	(1/2 Min. vorher Blutzusatz)
8.	7 1/2 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
9.	15 1/2 „ n SS	6	8,82	1:1,47	
10.	25 1/2 „ n SS	6	9,15	1:1,52	
11.	36 1/2 „ n SS	6,23	9,4	1:1,5	
12.	40 „ n SS	6,31	8,85	1:1,4	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt hat den dorsalen Teil des Hauptstammes und weiterhin nochmals den rechten und linken Schenkel an der Teilungsstelle durchschnitten (letzteres durch den unter der Valvula dextra verlaufenden Schnitteil).



Fig. 33. Katze 32.

Kaninchen 5.

	Zeit	Dauer für 20 V in Sekunden	Dauer für 20 K in Sekunden	V:K (sowie Bemerkungen)	
1.	2 Min. v VS				VEs übergeleitet
2.	1/2 „ v VS	8,25	8,25	1:1	(VS 6 Min. v SS)
3.	2 „ n VS	9,21	9,21	1:1	

4.	Gleich v SS				VEs übergeleitet
5.	„ n SS	10,3	15,9	1 : 1,54	
6.	1/2 Min. n SS	9,96	15,8	1 : 1,58	
7.	1 „ n SS	9,85	16	1 : 1,62	
8.	5 „ n SS	8,85	8,85	1 : 1	(Blutzusatz 2 1/2 Min. n SS)
9.	Gleich darauf				VEs übergeleitet
10.	12 1/2 Min. n SS	8,2	8,2	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft nur den unteren Teil des Hauptstammes, in welchem er parallel zur Faserung verläuft, und den unteren Teil des linken Schenkelursprunges. Durch die stehen gebliebenen Teile bleibt also die Verbindung erhalten. — Der linke Schenkel ist über eine verhältnismässig grosse Strecke ausgebreitet.



Fig. 34. Kaninchen 5.



Fig. 35. Schema zu Fig. 34. (Kaninchen 5.) Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt. *Vd* = Valvula dextra, *Vp* = Valvula posterior.



Fig. 37. Schema zu Fig. 36. (Kaninchen 6.) Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt. *Vd* = Valvula dextra, *Vp* = Valvula posterior.



Fig. 36. Kaninchen 6.

Kaninchen 6.

1.	Gleich v VS	7,81	7,81	1 : 1	(Fig. 38 *a*)
2.	1 Min. v SS (ca. 1 1/2 Min. n VS)	8,1	8,1	1 : 1	

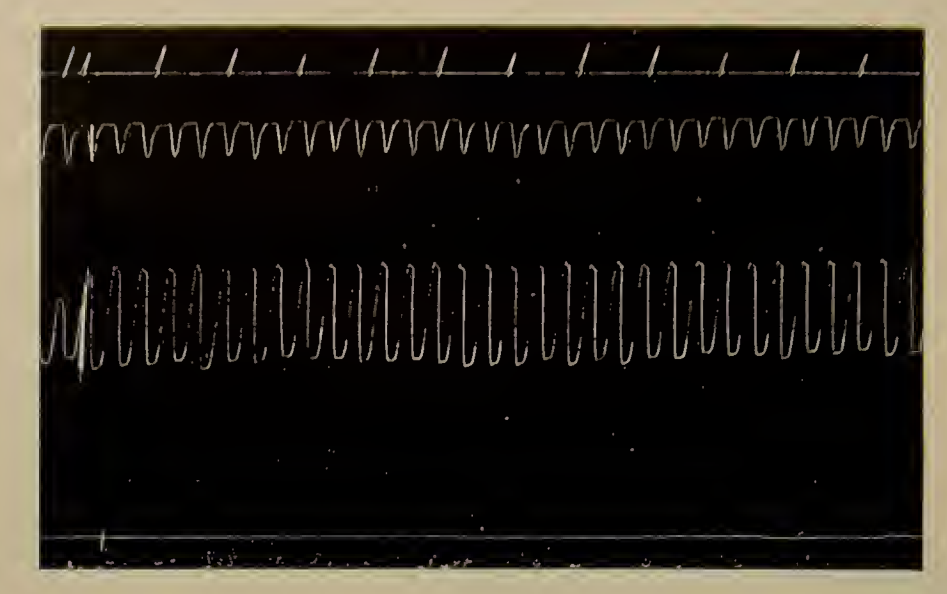


Fig. 38 *a*.



Fig. 38 *b*.

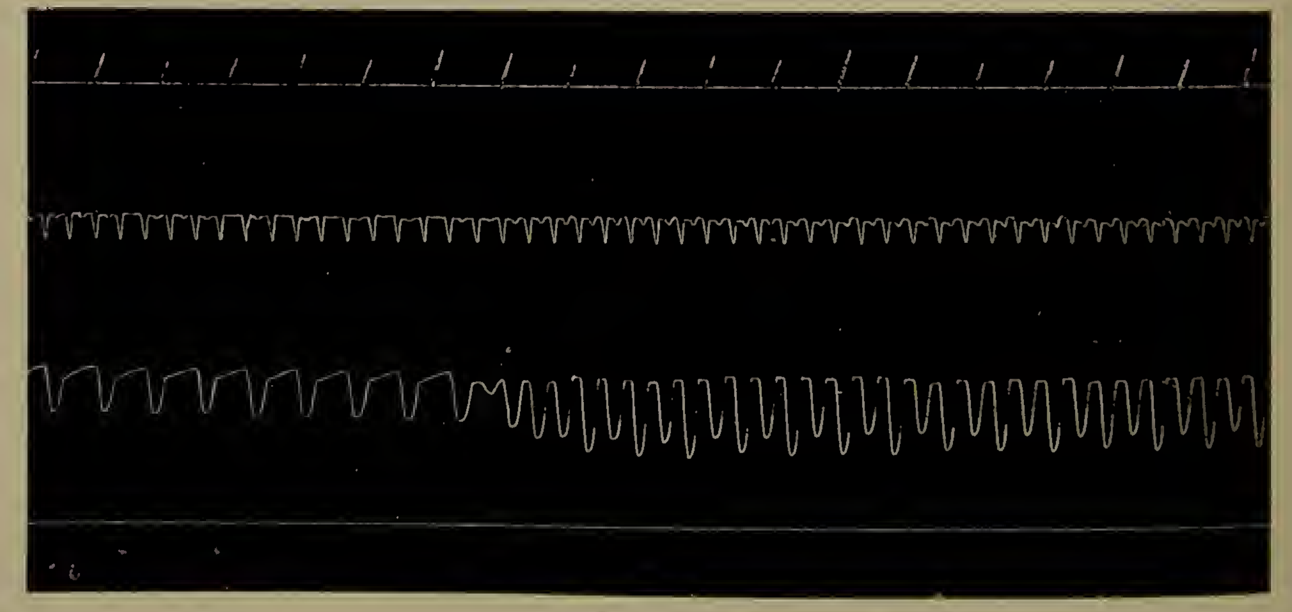


Fig. 38 *c*.

Fig. 38. Kaninchen 6. *a* vor, *b* und *c* nach dem Septumschnitt ($a = 1$; $b = 9$; $c = 11$ bis 12 der Tabelle). Vorübergehende Störung der Überleitung.

3.	Gleich darauf					V Es übergeleitet
4.	¼ Min.	n SS	10,7	18,3	1 : 1,71	
5.	3½ „	n SS	10,6	16,2	1 : 1,63	(darauf Blutzusatz)
6.	4½ „	n SS	10,8	21,6	1 : 2,0	
7.	7½ „	n SS	7,85	7,85	1 : 1	
8.	8 „	n SS				V Es übergeleitet
9.	11 „	n SS				V Es übergeleitet (Fig. 38 *b*)
10.	11½ „	n SS	7,77	7,77	1 : 1	
11.	16 „	n SS				V Es übergeleitet; dann häufiger Wechsel zwischen 1 : 1 u. 1 : 2
12.	22 „	n SS	7,4	14,8	1 : 2	(Fig. 38 *c*)

Mikroskop. Befund: Der unter dem Bündelhauptstamm annähernd parallel zu ihm verlaufende experimentelle Schnitt trifft nur die dorsalen Fasern des linken und rechten Schenkels und lässt die Hauptmasse intakt. — Der linke Schenkel ist über eine verhältnismässig grosse Strecke ausgebreitet.

Kaninchen 7.

1.		v VS				V Es übergeleitet
2.		n VS				V Es übergeleitet (Fig 41 *a*)
3.	1 Min.	v SS	8,75	8,75	1 : 1	
4.	2½ „	n SS	8,75	12,5	1 : 1,42	(Blutzusatz 5½ Min. n SS)
5.	7 „	n SS	8,75	15,8	1 : 1,8	
6.	7½ „	n SS				V Es nicht übergeleitet (Fig. 41 *b*)
7.	8 „	n SS	3,64	18,4	1 : 5,1	
8.	13½ „	n SS	8,05	31,1	1 : 3,86	
9.	33 „	n SS	8,7	20	1 : 2,3	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt alle Fasern des Bündels, des rechten wie des linken Schenkels nach ihrem Abgang vom Hauptstamm. — Von der breiten Ausdehnung des linken Schenkels abgesehen sind schon vor der Teilung atypische Fasern von dem Bündelhauptstamm abgegangen, die ebenfalls mit durchschnitten sind.

Kaninchen 8.

1.	1 Min.	v VS				V Es übergeleitet
2.	½ „	v VS	8,28	8,28	1 : 1	
3.	Gleich	n VS	8,6	8,6	1 : 1	
4.	1 Min.	n VS				V Es übergeleitet
5.	1½ Min.	n SS	8,1	16,9	1 : 2,09	
6.	4 „	n SS	10,8	35,7	1 : 3,3	(darauf Blutzusatz)
7.	4½ „	n SS	9,3	26,4	1 : 2,84	
8.	6 „	n SS				V Es nicht übergeleitet
9.	9 „	n SS	8,1	24	1 : 2,96	
10.	10½ „	n SS				V Es nicht übergeleitet
11.	20 „	n SS	8,8	27,1	1 : 3,08	
12.	30 „	n SS	8,75	25,6	1 : 2,93	
13.	40 „	n SS	8,41	25,7	1 : 3,05	
14.	50 „	n SS	8,15	23	1 : 2,84	



Fig. 39. Kaninchen 7.



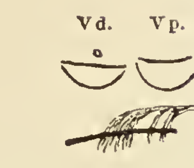


Fig. 40. Schema zu Fig. 39. (Kaninchen 7). Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt. *Vd* = Valvula dextra. *Vp* = Valvula posterior.

Fig. 41. Kaninchen 7. *a* = vor, *b* = nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 6 und 7 der Tabelle). Überleitung aufgehoben. Spontane Vorhofsbeschleunigung bleibt ohne Einfluss auf die Kammer.

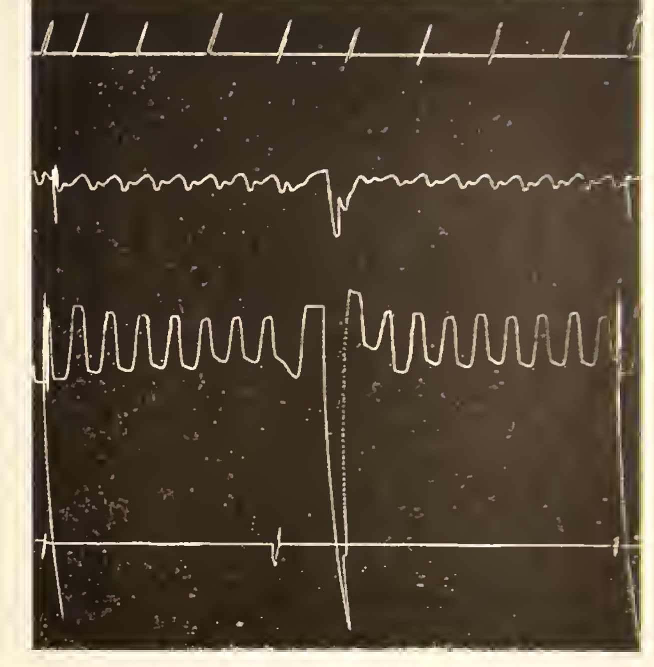


Fig. 41 *a*.

Fig. 41 *b*.

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt die schon senkrecht abwärts laufende Faserung beider Bündelschenkel mit Ausnahme sehr weniger Fasern, welche am ventralen Schnittende im linken Schenkel abwärts ziehen. — Von der breiten Ausdehnung des linken Schenkels abgesehen sind schon vor der Teilung atypische Fasern von dem Bündelhauptstamm abgegangen, die ebenfalls mit durchschnitten wurden.



Fig. 42. Kaninchen 8.

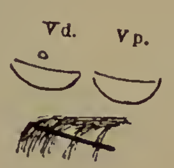


Fig. 43. Schema zu Fig. 42. (Kaninchen 8.) Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt. *Vd* = Valvula dextra. *Vp* = Valvula posterior.

Hund 1.

Zeit	Dauer für 20 V in Sekunden	Dauer für 20 K in Sekunden	V:K (sowie Bemerkungen
1. 2 Min. v SS	9,52	9,52	1:1
2. 1 „ n SS	12,8	36,3	1:2,8
3. 2 „ n SS	11,92	39	1:3,3
4. 17½ Min. n SS	13,5	29,2	1:2,2

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels unmittelber vor der Teilung vollständig.

Hund 2.

Zeit	20 V	20 K	V:K (sowie Bemerkungen
1. 2 Min. v SS	10,3	10,3	1:1
2. 1 „ n SS	12,2	31,4	1:2,57
3. 9 „ n SS	10,2	29,8	1:2,93 (kurz vorher Blutzusatz)
4. 12 „ n SS	10	30,5	1:3,05
6. 23 „ n SS	8,45	27,2	1:3,22
9. 27½ Min. n SS	9,4	34,0	1:3,61
11. 41½ „ n SS	9,5	40,2	1:4,23
12. 52 „ n SS	8,22	40,2	1:4,86
13. 59 „ n SS	9,55	46,0	1:4,80

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels vollständig in der Mitte seines Verlaufes.



Fig. 44. Hund 1.

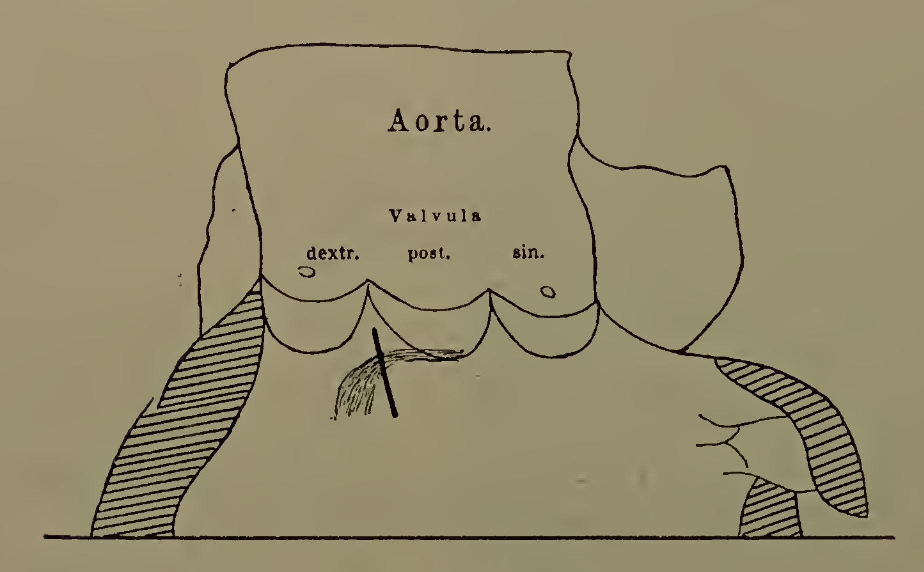


Fig. 45. Hund 2.

Hund 3.

1.	1 Min. v VS	13,4	13,4	1 : 1	
2.	4 „ n VS	14,4	14,4	1 : 1	
3.	6 „ n VS	14,3	14,3	1 : 1	
4.	5 „ n SS	13,8	49,1	1 : 3,56	(SS = 9½ Min. n VS)
5.	8 „ n SS	13,4	43,5	1 : 3,25	
6.	12 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
7.	13 „ n SS	14,2	38,7	1 : 2,71	
8.	18 „ n SS	14,6	37,6	1 : 2,57	
9.	24 „ n SS	17,2	36,1	1 : 2,1	
10.	29 „ n SS	15,7	29,5	1 : 1,88	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels vollständig in der Mitte seines Verlaufes.

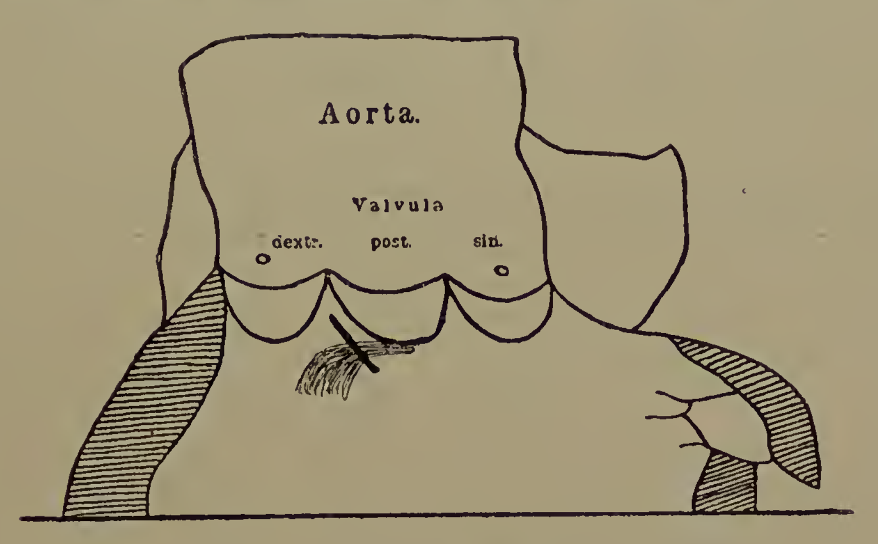


Fig. 46. Hund 3.

Hund 4.

1.	2 Min.	v SS	14,5	14,5	1 : 1	
2.	4 „	n SS	12	52,2	1 : 4,35	
3.	9 „	n SS	11,4	48,6	1 : 4,26	
4.	14 „	n SS	10,4	44,0	1 : 4,23	
5.	21 „	n SS	9,81	36,1	1 : 3,69	
6.	22 „	n SS				V Es nicht übergeleitet
8.	26 „	n SS	11,2	54	1 : 4,82	
9.	28 „	n SS				V Es nicht übergeleitet
10.	31 „	n SS	10,8	62,6	1 : 5,8	
11.	36 „	n SS	10,4	56,9	1 : 5,46	
12.	45 „	n SS	19,8	129	1 : 6,5	(vorher Temperatur versehentlich zu hoch geworden)

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels vollständig in der Mitte seines Vorlaufes.

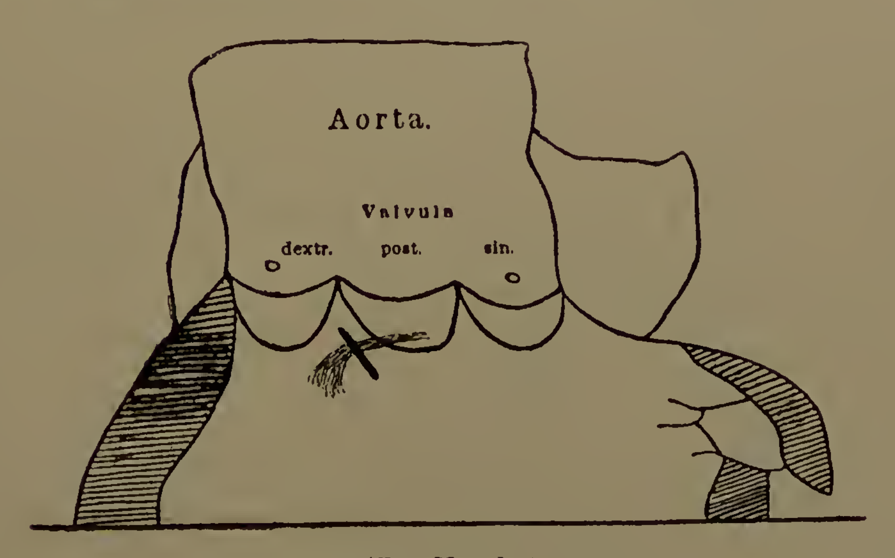


Fig. 47. Hund 4.

Hund 8.

1.	1 Min. v VS	10,4	10,4	1 : 1	
2.	1 „ n VS	10,4	10,4	1 : 1	(SS = 2½ Min. n VS)
3.	5 „ n SS	10,5	32,5	1 : 3,09	
4.	18 „ n SS	12,8	34,5	1 : 2,7	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels vollständig in der Mitte seines Verlaufes.

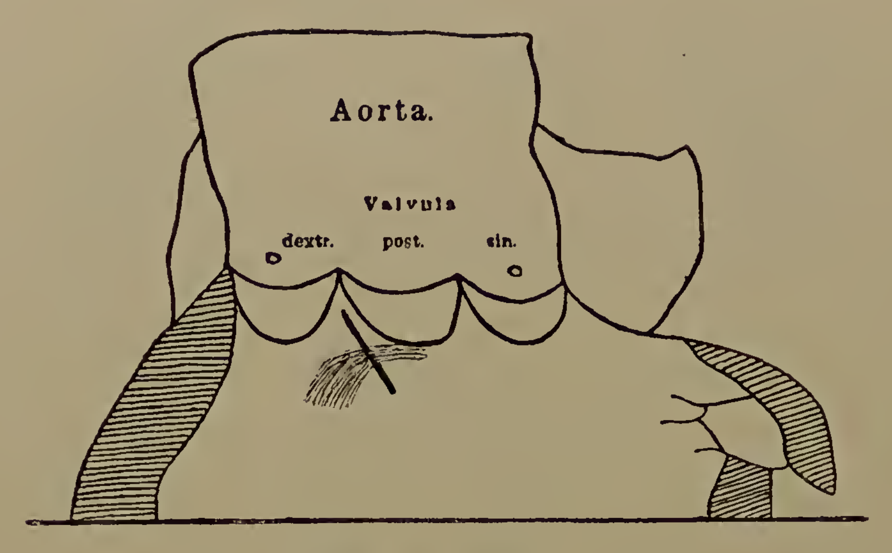


Fig. 48. Hund 8.

Hund 9.

Septumschnitt ergab zunächst Dissoziation; diese jedoch wieder ausgeglichen, ehe registriert werden konnte.

1.	1 Min. v VS	10	10	1 : 1	
2.	1 „ n VS	10	10	1 : 1	
3.	1 „ n SS	10,5	10,5	1 : 1	(SS = 2½ Min. n VS
4.	10 „ n SS	11,5	11,5	1 : 1	

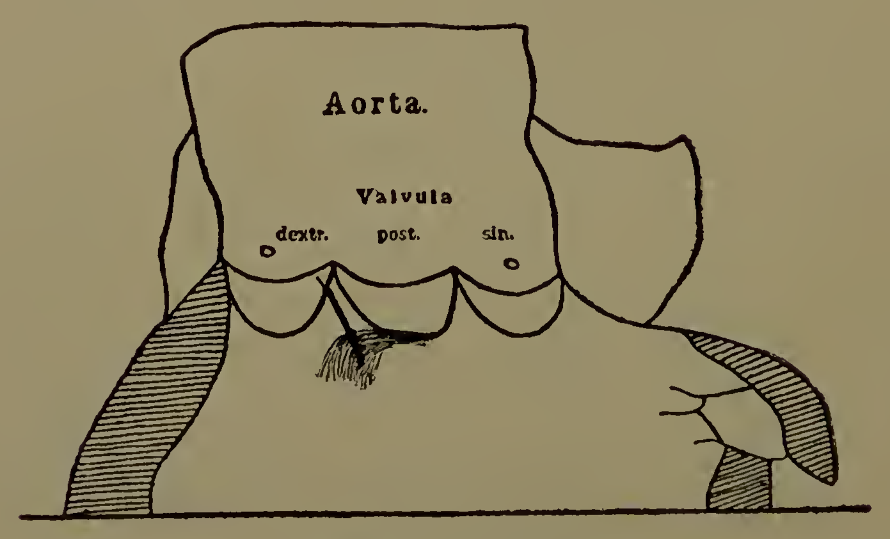


Fig. 49. Hund 9.

Mikroskop. Befund: Der fast senkrecht abwärts verlaufende experimentelle Schnitt trifft das Bündel an der Teilung und durchtrennt den rechten Schenkel vollständig. Der linke Schenkel ist nicht vollständig durchschnitten; eine beträchtliche Menge von Fasern bleibt dorsal vom experimentellen Schnitt in direktem Zusammenhang mit Hauptstamm und Knoten des Bündels intakt zurück.

Hund 10.

1.	1/2 Min.	v VS	9,8	9,8	1 : 1	
2.	1/2 „	n VS	10	10	1 : 1	(Fig. 51 *a*)
3.	1/2 „	n SS	9,8	51	1 : 5,2	(SS = 3 Min. n VS; Fig. 51 *b*)
4.	6 „	n SS	10,2	58	1 : 5,7	(1/2 Minute später Blutzusatz;
5.	9 1/2 „	n SS	9,2	10,4	1 : 1,13	
6.	10 „	n SS	9,0	10,93	1 : 1,2	(grosse Trommelgeschwindigkeit)
7.	14 „	n SS	8,8	8,8	1 : 1	(grosse Trommelgeschwindigkeit)
8.	18 1/2 „	n SS	9,9	9,9	1 : 1	(VEs übergeleitet; Fig. 51 *c*)
9.	45 „	n SS	12,2	12,2	1 : 1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt endet nach oben mitten im Bündelhauptstamm, so dass dessen obere Fasermassen (in einer Dicke von etwa 120 μ) unverletzt blieben.

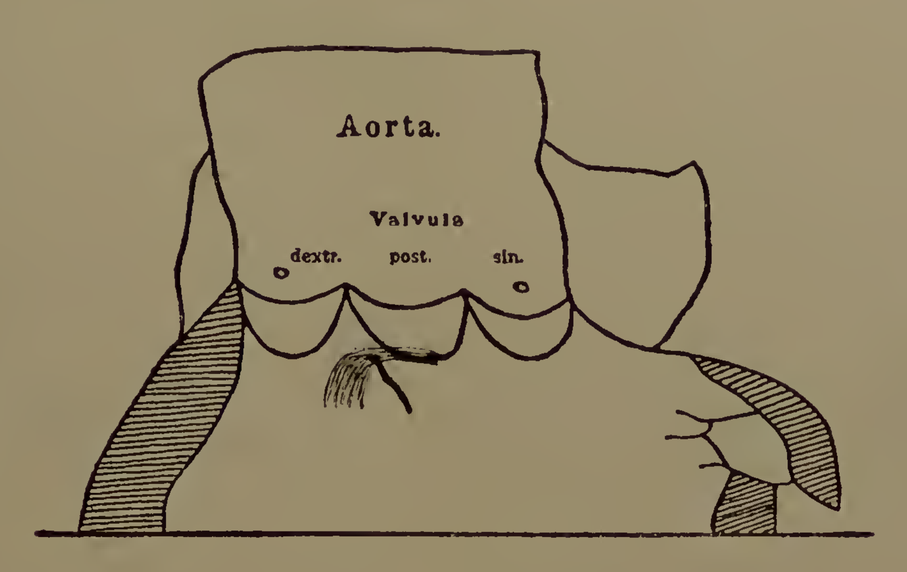


Fig. 50. Hund 10.

Hund 11.

Bei Durchspülungsbeginn Flimmern, durch KCl beseitigt.

1.	3 Min.	v SS	12,3	12,3	1 : 1	
2.	1 „	n SS	10,8	18,2	1 : 1,7	(darauf Blutzusatz)
3.	3 1/2 „	n SS	8	22,3	1 : 2,8	
4.	8 1/2 „	n SS	7,7	18,6	1 : 2,42	
5.	13 1/2 „	n SS	8,1	24,6	1 : 3,03	
6.	19 1/2 „	n SS	8,62	27,9	1 : 3,23	
7.	21 1/2 „	n SS				VEs nicht übergeleitet
8.	22 1/2 „	n SS	8,42	17,3	1 : 2,05	(danach Kammergruppen)

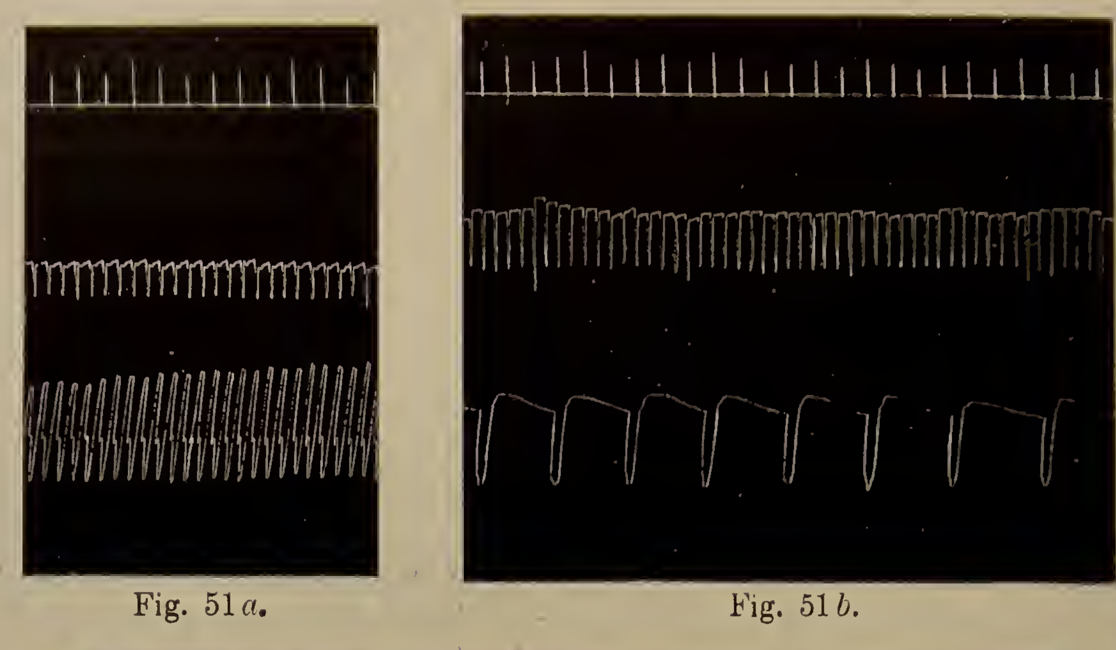


Fig. 51 *a*. Fig. 51 *b*.

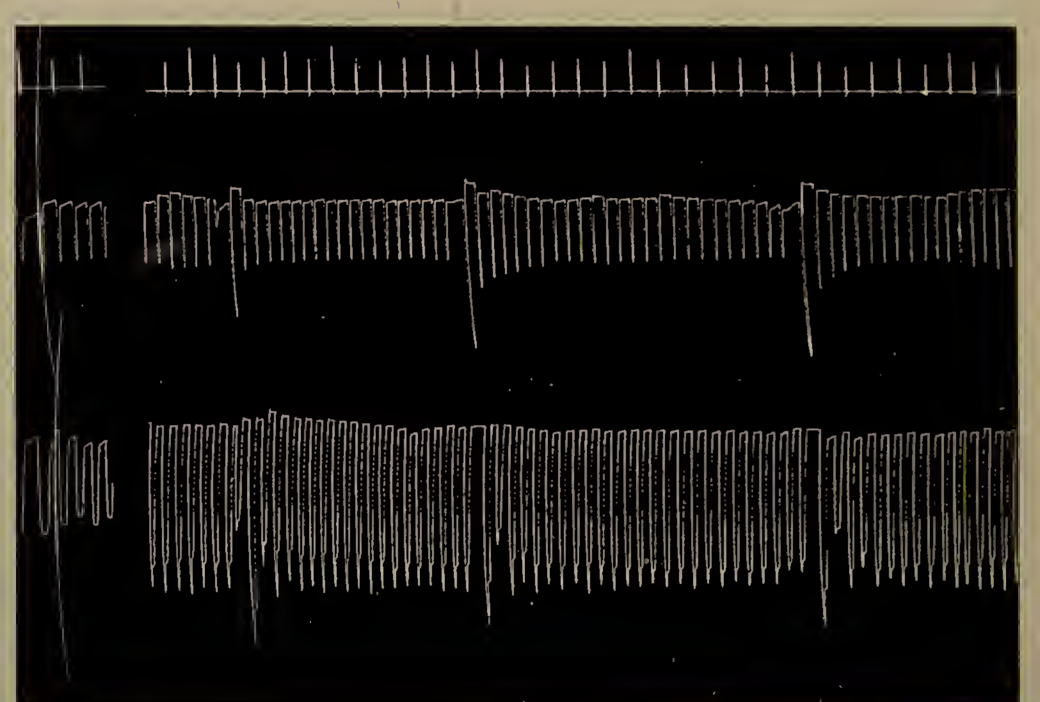


Fig. 51 *c*.

Fig. 51. Hund 10. *a* vor, *b* und *c* nach dem Septumschnitt ($a = 2$; $b = 3$ bis 4; $c = 8$ der Tabelle). Vorübergehende Aufhebung der Überleitung.

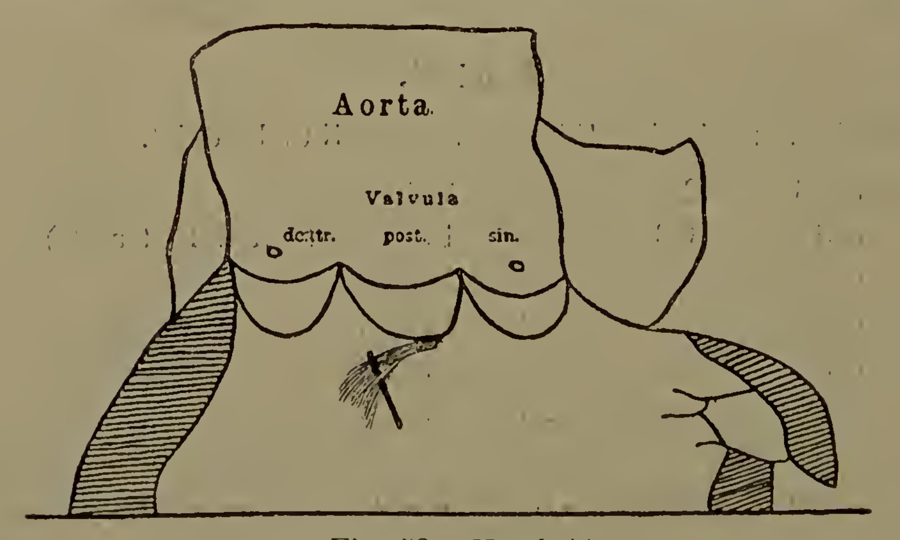


Fig. 52. Hund 11.

9.	24½ Min.	n SS	8,6	26,5	1 : 3,08	(Bei 8 bis 10 etwas zu lang-
10.	26 „	n SS	8,56	26,6	1 : 3,1	samer und nicht ganz regel-
11.	27 „	n SS	8,7	27,2	1 : 3,13	mässiger Trommelgang, wel-
12.	30½ „	n SS	9,1	26,7	1 : 2,92	cher darauf beschleunigt
						wurde.)
13.	33 „	n SS	8,8	26,0	1 : 2,95	(Schneller Trommelgang.)
14.	35 „	n SS	8,58	20,43	1 : 2,84	
15.	58 „	n SS	8,99	25,2	1 : 2,8	
16.	78 „	n SS	8,81	27,5	1 : 3,12	
17.	94 „	n SS	8,81	25,2	1 : 2,85	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt trifft das Bündel erst ventral von der Teilung und durchtrennt beide Schenkel vollständig.

Hund 12.

Klappe zuerst trotz geringen Druckes nicht schliessend. Nach dem Septumschnitt schliessen die Klappen gut.

1.	6 Min.	v SS	14,8	14,8	1 : 1	
2.	8 „	n SS	16,4	16,4	1 : 1	
3.	12 „	n SS	12,8	12,8	1 : 1	(4 Min. später VEs übergeleitet)
4.	21 „	n SS	10,8	10,8	1 : 1	(Fig. 55)



Fig. 53. Hund 12. (Vgl. Schema des Bündelverlaufs in Fig. 54.) Operationsschnitt unter Valvula posterior der Aorta.

Mikroskop. Befund: Der Verlauf des Bündelstammes liegt fast ganz oberhalb des oberen Endes des experimentellen Schnittes, so dass also der senkrecht zur Faserrichtung verlaufende Schnitt nur den untersten Teil der ganzen Bündelmasse trifft. (Vgl. Tafelfig. 1, welche intakte Bündelfasern zeigt.)

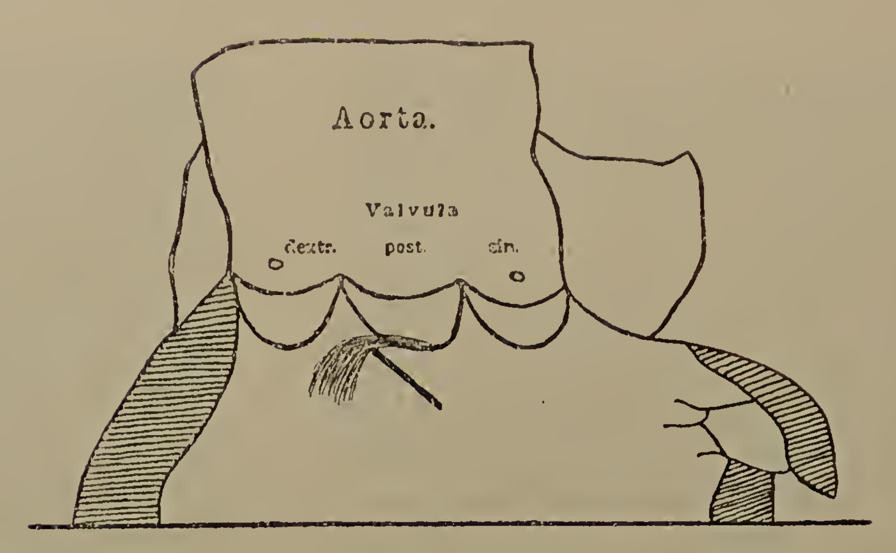


Fig. 54. Hund 12.

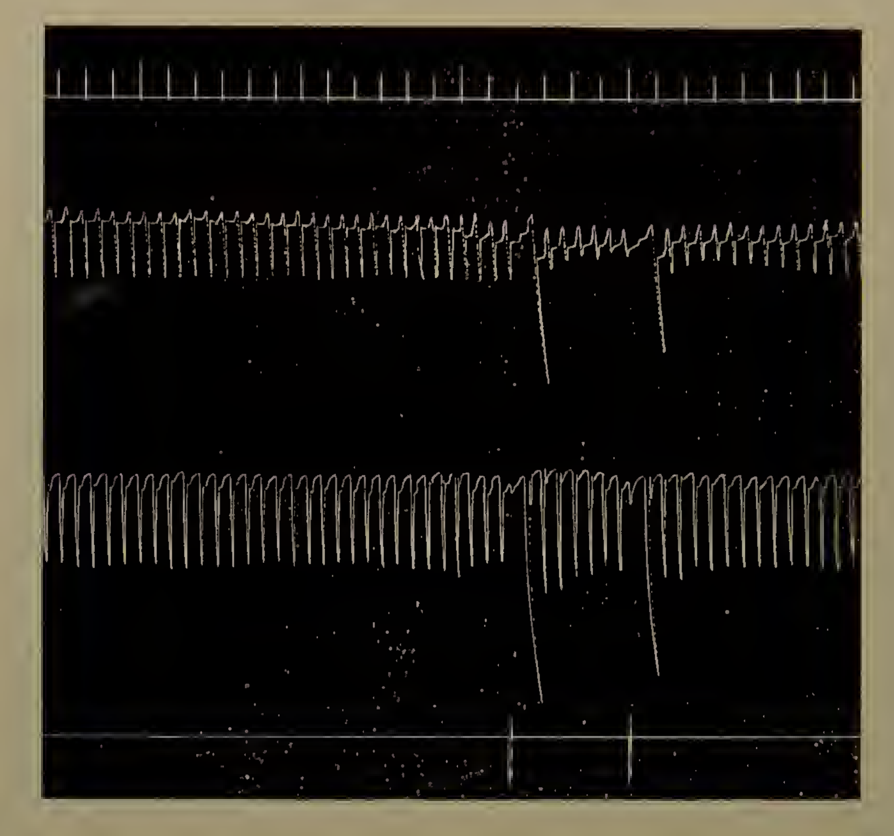


Fig. 55. Hund 12. Nach dem Septumschnitt (3 bis 4 in der Tabelle). Keine Überleitungsstörung.

Hund 13.

1.	3 Min.	v VS	11,8	11,8	1 : 1	
2.	1 „	n VS	10,7	10,7	1 : 1	
3.	1 „	n SS	12,2	45,6	1 : 3,74	(SS = 3 Min. n VS)
4.	5 „	n SS	11,0	43,4	1 : 3,95	
5.	8 „	n SS	10,6	33,6	1 : 3,17	(5 Min. später VEs nicht übergeleitet)
6.	13 „	n SS	10,2	31	1 : 3,04	
7:	29 „	n SS	9,96	29,0	1 : 2,9	
8.	34 „	n SS	9,8	27,5	1 : 2,8	
9.	47 „	n SS	9,9	25,2	1 : 2,55	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Bündelhauptstamm dicht vor der Teilung vollständig.

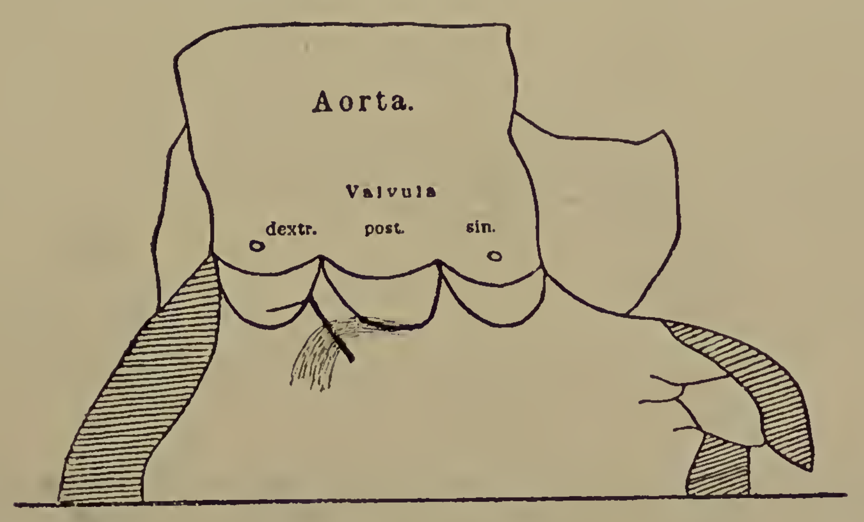


Fig. 56. Hund 13.



Fig. 57. Hund 14. (Vgl. Schema des Bündelverlaufs in Fig. 58.) Operationsschnitt unter der Valvula posterior der Aorat.

Hund 14.

1.	1 Min.	v VS	13	13	1 : 1	
2.	1/2 „	n VS	12,4	12,4	1 : 1	(darauf VEs übergeleitet; Fig. 59 *a*)
3.	1 1/2 „	n SS	12,6	31,4	1 : 2,49	(SS = 5 Min. n VS)
4.	4 „	n SS	10,6	32,7	1 : 3,08	(vorher Blutzusatz)
5.	11 „	n SS	10,2	32,6	1 : 3,2	(VEs nicht übergeleitet)

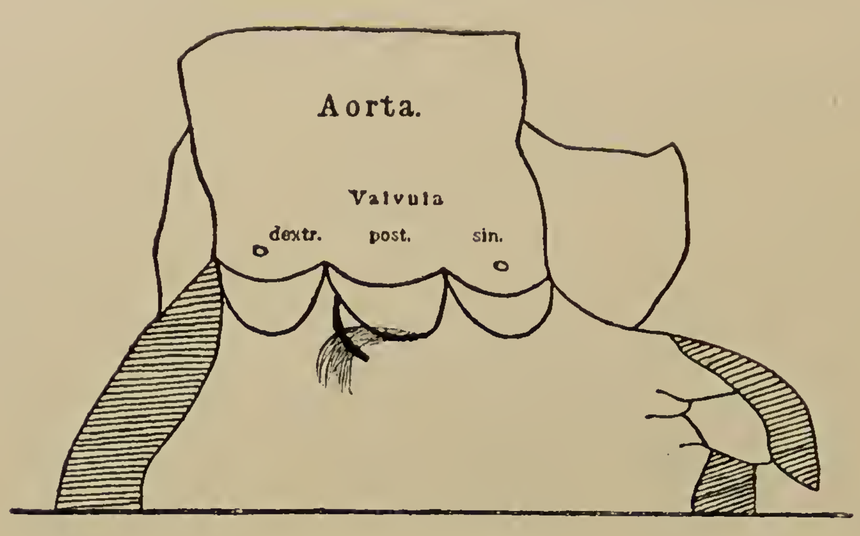


Fig. 58. Hund 14.

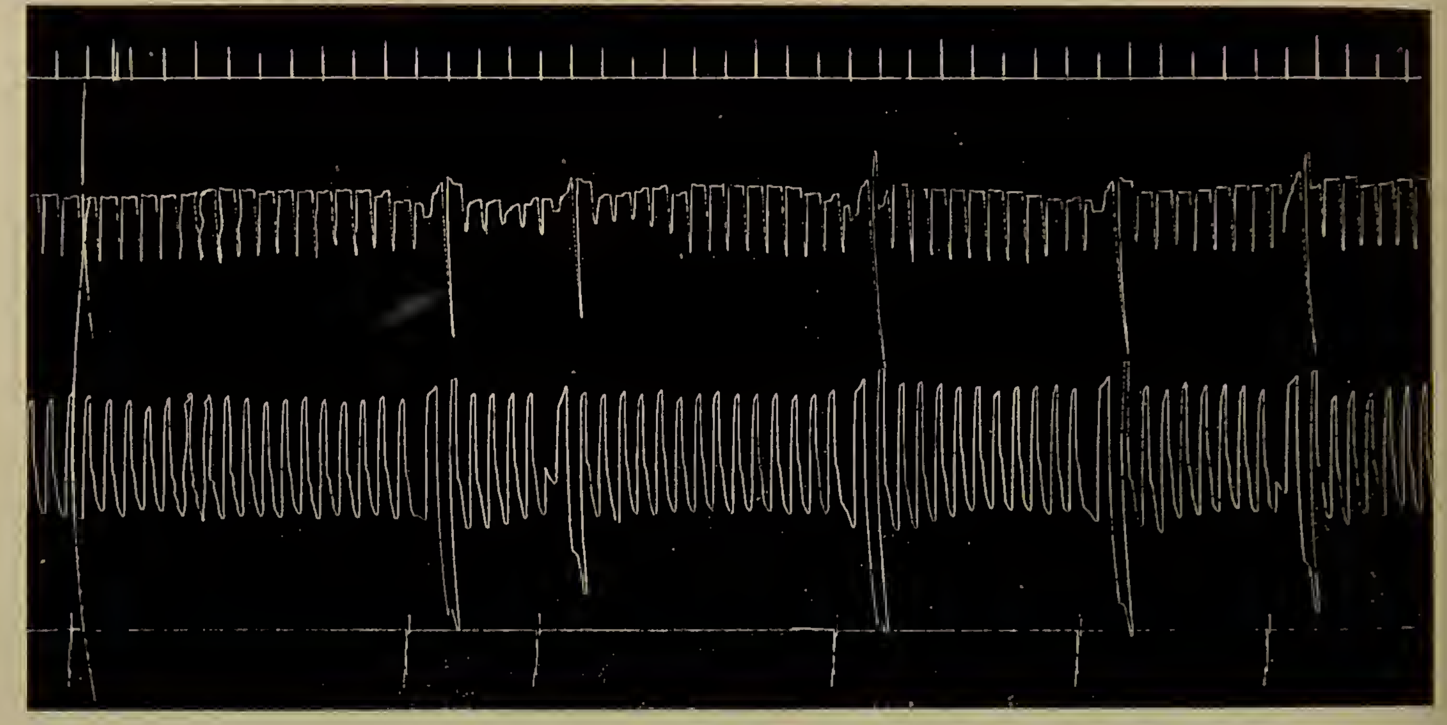


Fig. 59 *a*.

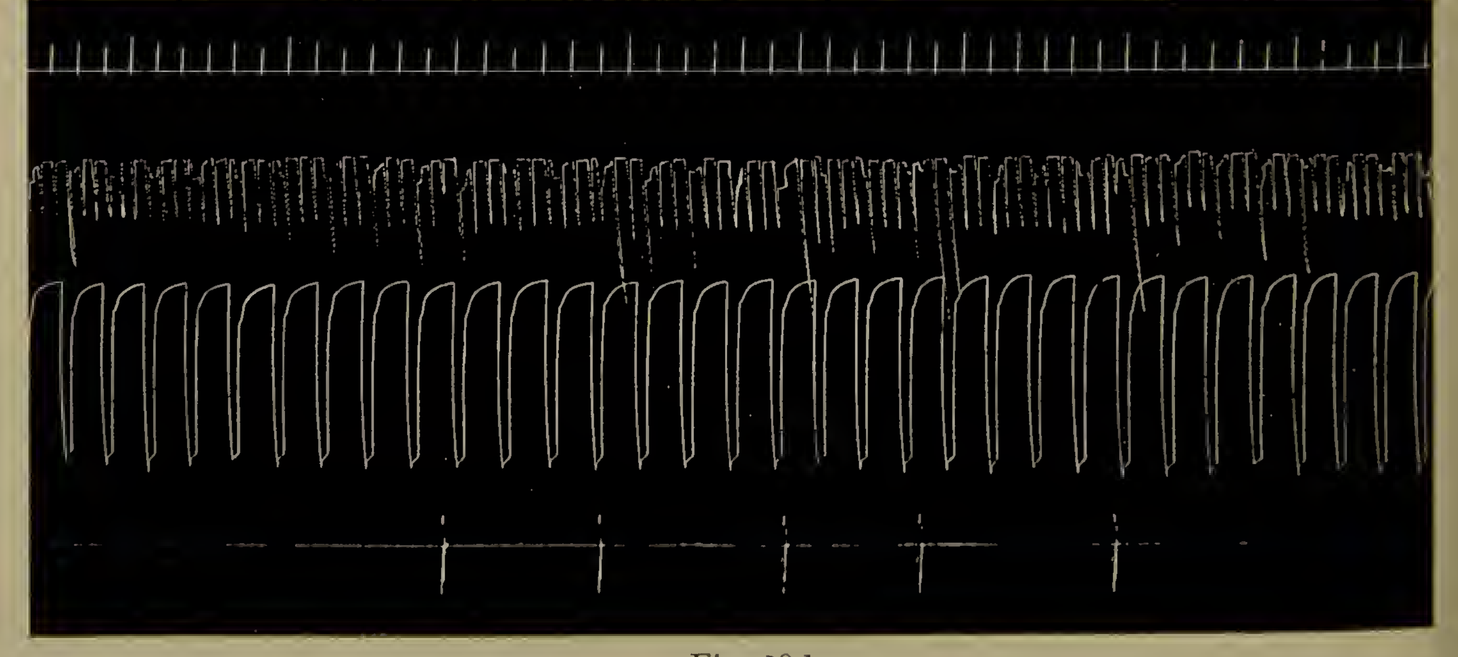


Fig. 59 *b*.

Fig. 59. Hund 14. ($a = 2$; $b = 6$ der Tabelle.

6.	18 Min. n SS	9,52	27,8	1 : 2,9	(Fig. 59 *b*)
7.	21 „ n SS	10,6	29,5	1 : 2,78	
8.	32 „ n SS	10,9	30,4	1 : 2,78	
9.	37 „ n SS	10,7	36,2	1 : 3,4	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt das Bündel vollständig in seinem horizontal verlaufenden Hauptstamm. (Vgl. Tafelfig. 2.)

Hund 15.

1.	½ Min. v VS	12	12	1 : 1	
2.	½ „ n VS	12	12	1 : 1	(VEs übergeleitet)
3.	4 „ n SS	11,4	52,6	1 : 4,6	(SS = 10½ Min. n VS)
4.	9 „ n SS	10	37,6	1 : 3,76	(VEs nicht übergeleitet)
5.	11 „ n SS	10,2	34,5	1 : 3,37	
6.	21 „ n SS	10,8	36,5	1 : 3,38	
7.	32 „ n SS	10,6	41,7	1 : 3,93	
8.	38½ „ n SS	11,6	43,0	1 : 3,7	
9.	41 „ n SS	10,7	32,5	1 : 3,04	
10.	42½ „ n SS	10,4	33,9	1 : 3,26	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm vollständig.

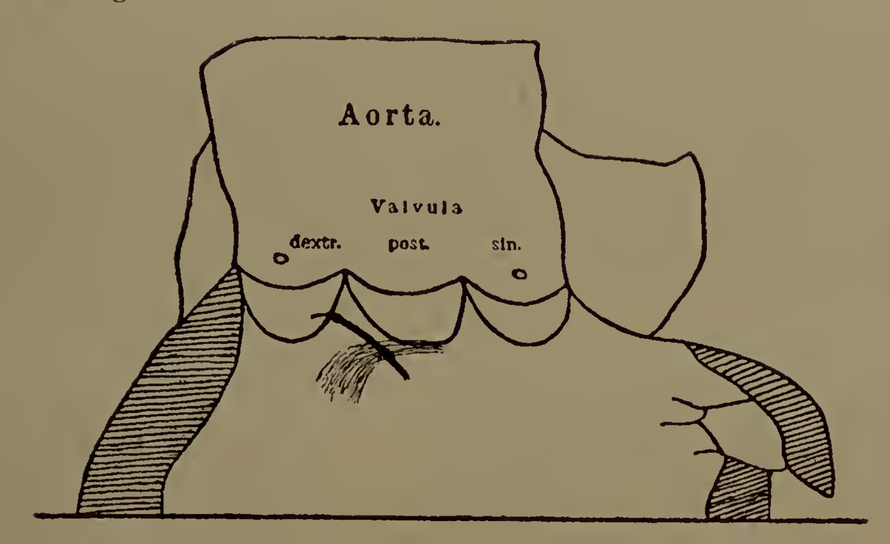


Fig. 60. Hund 15.

Hund 16.

1.	½ Min. v VS				VEs übergeleitet
2.	Gleich n VS	10,4	10.4	1 : 1	(Fig. 63 *a*)
3.	Darauf:				VEs übergeleitet
4.	½ Min. n SS	10,8	37	1 : 3,43	(SS = 2 Min. n VS)
5.	1 „ n SS				VEs nicht übergeleitet (Fig. 63 *b*)
6.	3 „ n SS	11,3	25,3	1 : 2,24	(½ Min. später Blutzusatz)
7.	5 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
8.	6 „ n SS	8,6	30	1 : 3,5	
9.	10 „ n SS	8,62	41,4	1 : 4,8	

10.	19 Min.	n SS	8,61	38,5	1 : 4,45	
11.	27 „	n SS	8,7	38,9	1 : 4,45	
12.	34 „	n SS	7,97	37,5	1 : 4,69	(VEs nicht übergeleitet)
13.	45 „	n SS	8	34,6	1 : 4,33	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Hauptstamm des Bündels vollständig vor der Teilung.



Fig. 61. Hund 16. (Vgl. Schema des Bündelverlaufs in Fig. 62.) Operationsschnitt schräg unter der Valvula posterior der Aorta.

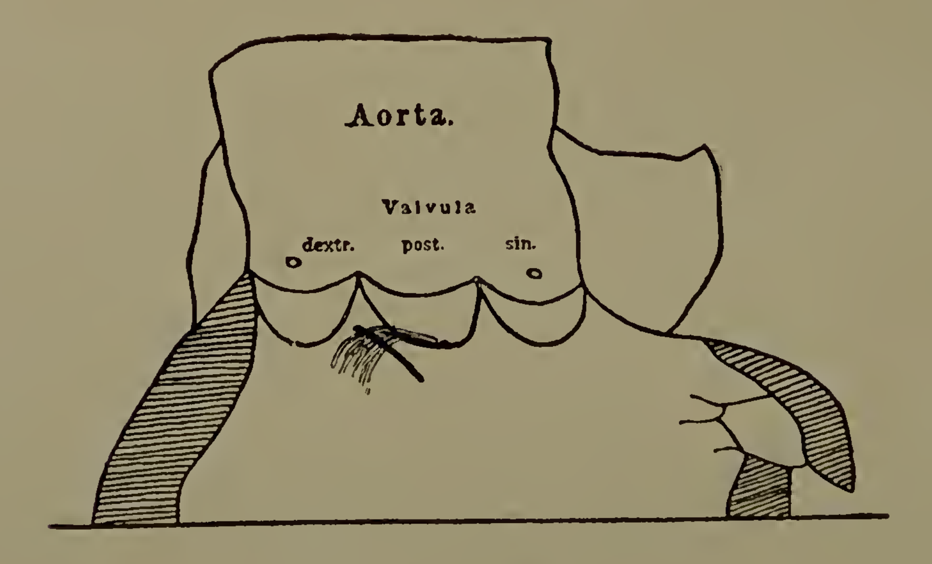


Fig. 62. Hund 16.

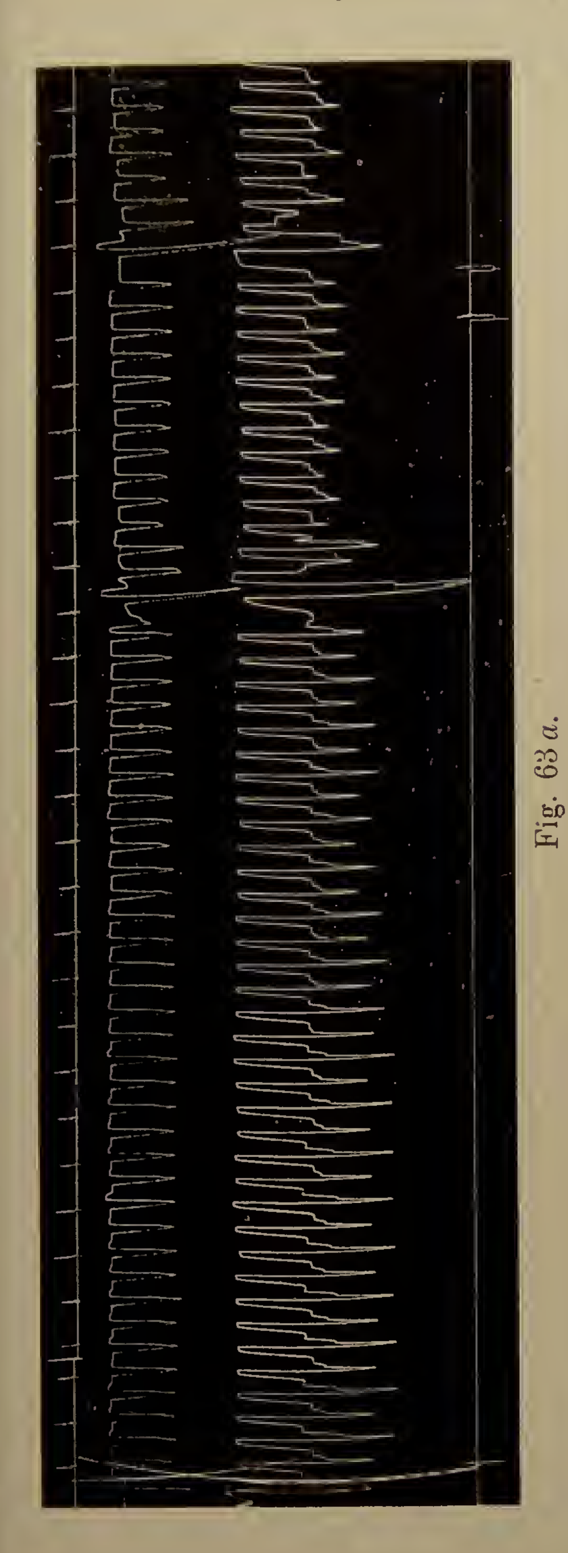


Fig. 63 *a*.

Fig. 63 *b*.

Fig. 63. Hund 16. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 5 der Tabelle). Überleitung nach dem Schnitt aufgehoben. (Die Originalkurve wurde auf $^2/_3$ verkleinert.)

Hund 17.

1.	½ Min.	v VS	12	12	1 : 1	
2.	1½ „	n VS	13,4	13,4	1 ; 1	
3.	2 „	n VS				V Es übergeleitet
4.	2 „	n SS	12,8	66,8	1 : 5,2	(SS = 6 Min. n VS)
5.	5 „	n SS				V Es nicht übergeleitet
6.	5½ „	n SS	10,6	26,0	1 : 2,45	
7.	10½ „	n SS	9,45	27	1 : 2,85	
8.	17 „	n SS	9,45	35,6	1 : 3,77	
9.	25 „	n SS	9,25	37,5	1 : 4,05	
10.	32 „	n SS	10	51	1 : 5,1	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt beide Schenkel dicht an der Teilungsstelle vollständig.

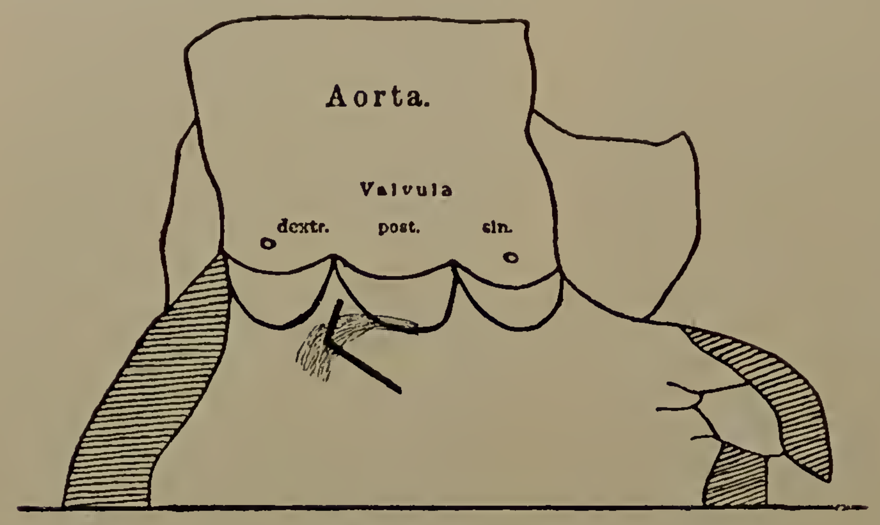


Fig. 64. Hund 17.

Hund 18.

1.	$\frac{1}{2}$ Min. v VS				VEs übergeleitet
2.	Danach:	6.8	6,8	1 : 1	
3.	10 Sek. n VS	12,8	12,8	1 : 1	
4.	$2\frac{1}{2}$ Min. n SS	12,7	41	1 : 3,22	(SS = $2\frac{1}{2}$ Min. n VS)
5.	$4\frac{1}{2}$ „ n SS	11	39,4	1 : 3,57	
6.	$5\frac{1}{2}$ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
7.	$8\frac{1}{2}$ „ n SS	11,1	32,7	1 : 2,94	
8.	14 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
9.	15 „ n SS	12,4	31,1	1 : 2,51	
10.	22 „ n SS	13	43,4	1 : 3,33	
11.	31 „ n SS	14,7	75	1 : 5,1	
12.	35 „ n SS	12,8	65,1	1 : 5,1	
13.	$35\frac{1}{2}$ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
14.	42 „ n SS	13,4	66,1	1 : 4,94	
15.	50 „ n SS	12,5	104,2	1 : 8,4	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt beide Schenkel an der Teilungsstelle vollständig.

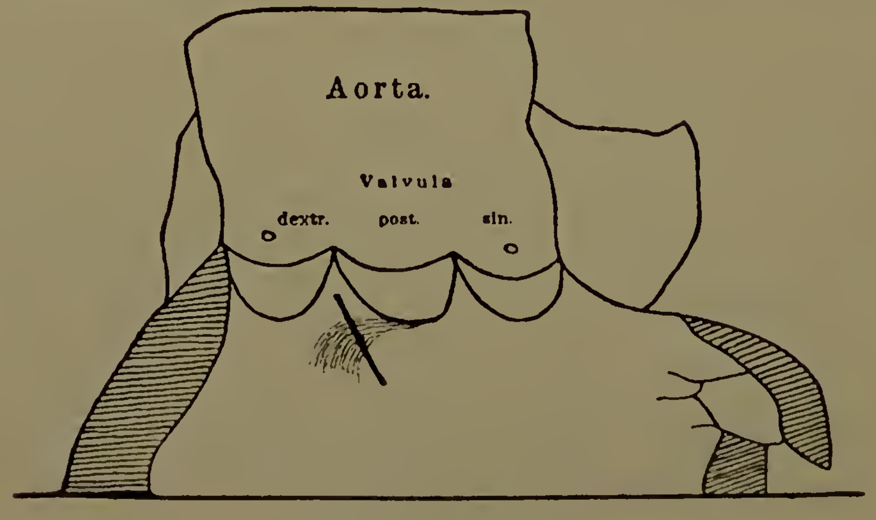


Fig. 65. Hund 18.

Hund 19.

1.	Gleich v VS	15,2	15,2	1 : 1	
2.	3 Min. n VS	12,2	12,2	1 : 1	
3.	4 „ n VS				VEs übergeleitet
4.	$^1/_2$ „ n SS	13	38,9	1 : 2,98	(SS = 7$^1/_2$ Min. n VS)
5.	4 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
6.	5 „ n SS	15,6	34,3	1 : 2,2	
7.	7 „ n SS	11,4	59,8	1 : 5,22	(unmittelbar vorher Blutzusatz)
8.	12 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
9.	15 „ n SS	9,2	29,8	1 : 3,24	
10.	19 „ n SS	9,2	54,5	1 : 5,91	
11.	21—23 Min. n SS				VEs nicht übergeleitet
12.	34 Min. n SS	11,2	54,1	1 : 4,9	
13.	43 „ n SS	10,62	40,5	1 : 3,82	
14.	50 „ n SS	10,62	44,5	1 : 4,2	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Bündelhauptstamm vollständig.

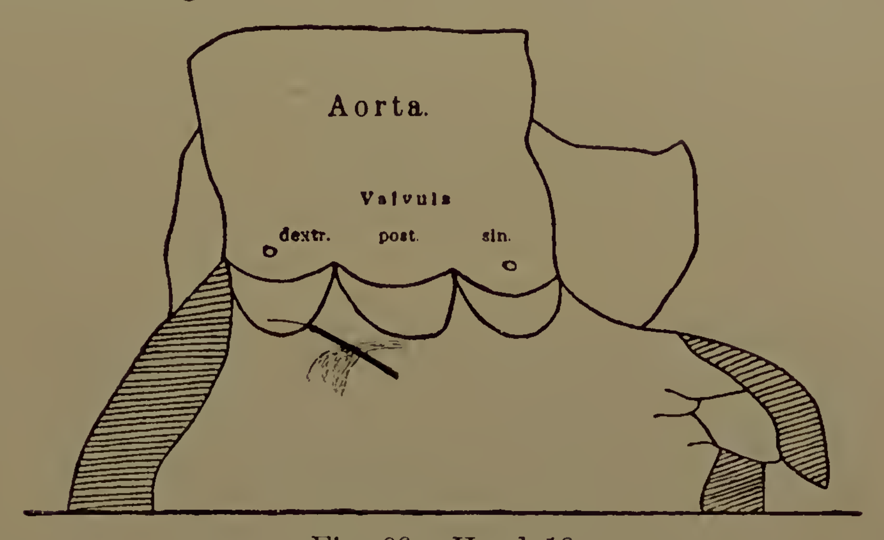


Fig. 66. Hund 19.

Hund 20.

1.	40 Sek. v VS				VEs übergeleitet
2.	Gleich v VS	10,2	10,2	1 : 1	
3.	Gleich n VS	9,7	9,7	1 : 1	
4.	Unmittelbar v SS				VEs übergeleitet
5.	2$^1/_2$ Min. n SS	12,2	33,0	1 : 2,74	(SS = 3 Min. n VS)
6.	3$^1/_2$ „ n SS				Blutzusatz
7.	7 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
8.	8 „ n SS	9,75	30,4	1 : 3,12	
9.	12 „ n SS	9,7	28,4	1 : 2,91	
10.	13 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
11.	22 „ n SS	8,6	34,0	1 : 3,95	
12.	30 „ n SS	8,85	28,3	1 : 3,2	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Bündelhauptstamm vollständig.

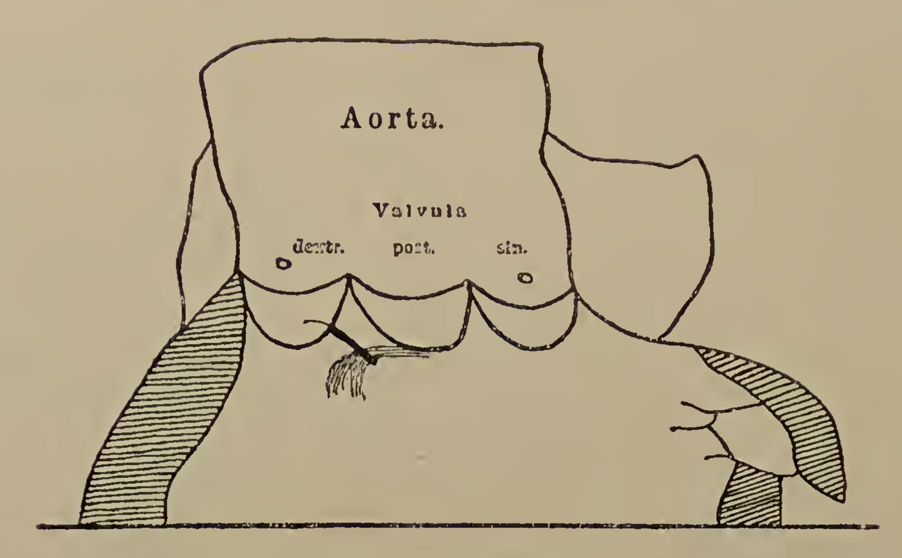


Fig. 67. Hund 20.

Affe 1.

	Zeit	Dauer für 20 V in Sekunden	Dauer für 20 K in Sekunden	V : K (sowie Bemerkungen)	
1.	14 Min. v VS	6,9	6,9	1 : 1	
2.	2 „ v VS				VEs übergeleitet
3.	2 „ n VS	8,9	8,9	1 : 1	(SS = 4 Min. n VS)
4.	2 „ n SS	9,5	21,1	1 : 2,22	
5.	$4^1/_2$ „ n SS	9,4	22	1 : 2,34	(unmittelbar vorher Blutzusatz)
6.	5 „ n SS				VEs nicht übergeleitet



Fig. 68. Affe 1. Herz in $1^1/_2$ facher Vergrösserung.
(Vgl. Schema des Bündelverlaufs in Fig. 69.)

7.	8½ Min. n SS	9,9	19,8	1 : 2	
8.	10 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
9.	Gleich darauf	10,1	20	1 : 1,98	
10.	12½ Min. n SS	10,1	20	1 : 1,98	
11.	15½ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
12.	19 „ n SS	9,5	20	1 : 2,1	
13.	23 „ n SS	9,6	19,4	1 : 2,02	
14.	33 „ n SS	9,45	17,8	1 : 1,88	
15.	43 „ n SS	9,7	20	1 : 2,06	
16.	50 „ n SS	9,9	17,5	1 : 1,77	
17.	55½ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
18.	57½ „ n SS	8,3	12,7	1 : 1,52	
19.	65 „ n SS	8,4	12,9	1 : 1.54	
20.	72 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
21.	74½ „ n SS	9,6	16	1 : 1,66	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt hat den rechten und linken Schenkel kurz nach der Teilung des Hauptstammes vollständig durchschnitten. (Vgl. Tafelfig. 3.)

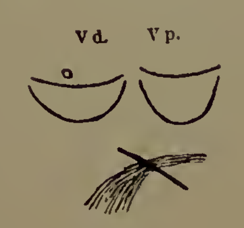


Fig. 69. Schema zu Fig. 68. (Affe 1.) Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt. *Vd* = Valvula dextra. *Vp* = Valvula posterior.

Affe 2.

1.	½ Min. v VS	7	7	1 : 1	
2.	Gleich danach:				VEs übergeleitet (Fig. 72 *a*)
3.	Gleich n VS	7,3	7,3	1 : 1	(VS = 7 Min. v SS)
4.	7 Min. n SS	8,32	16,5	1 : 1,99	(vorher Blutzusatz)
5.	8½ Min. n SS	8	16,8	1 : 2,1	
6.	10 „ n SS				VEs nicht übergeleitet
7.	12 „ n SS				VEs nicht übergeleitet (Fig. 72 *b*)
8.	16½ „ n SS	8,8	16	1 : 1,82	
9.	21½ „ n SS	12,6	18	1 : 1,43	
10.	29½ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
11.	30 „ n SS	11,2	15	1 : 1,34	
12.	32½ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
13.	40 „ n SS	10,4	14,2	1 : 1,36	
14.	45 „ n SS	10,4	14,6	1 : 1,4	
15.	52 „ n SS	9,92	14,4	1 : 1,35	
16.	60 „ n SS	10	14,6	1 : 1,46	
17.	73 „ n SS	10	14,7	1 : 1,47	

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den Bündelstamm nahe am Knoten vollständig und trifft mit seinem vorderen Ende nochmals den linken Schenkel.



Fig. 70. Affe 2. Herz in $1^1/_2$ facher Vergrösserung.
(Vgl. Schema des Bündelverlaufs in Fig. 71.)

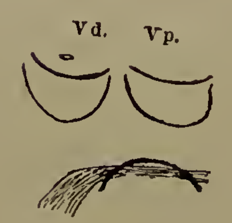


Fig. 71. Schema zu Fig. 70. (Affe 2.) Darstellung des Bündels in seiner Lage zum Operationsschnitt.

Ziege 2.

Einschnitt in Septum erfolgte zunächst unterhalb des Bündels, die Kammer stand aber erst bei Vollendung des Schnittes nach oben still.

	Zeit	Dauer für 20 V in Sekunden	Dauer für 20 K in Sekunden	V : K (sowie Bemerkungen)	
1.	$1^1/_2$ Min. v VS				VEs übergeleitet
2.	$^1/_2$ „ v VS	9,6	9,6	1 : 1	(VS = 3 Min. v SS)
3.	20 Sek. n VS	9,8	9,8	1 : 1	
4.	2 Min. n SS	9,15		1 : 35	(kurz vorher Blutzusatz)
5.	$2^1/_2$ „ n SS				VEs nicht übergeleitet
6.	$8^1/_2$ „ n SS	8,5		1 : 39	(häufig noch längere Pausen zwischen d. Kammersystolen)
7.	$10^1/_2$ „ n SS				VEs nicht übergeleitet; spontane Kammersystolen erfolgen selten

8.	15 Min. n SS	VEs nicht übergeleitet
9.		Abstände der Kammersystolen verschieden
10., 11., 12.	26—29 Min. n SS	Spontane VEs nicht übergeleitet

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt den rechten und linken Schenkel des Bündels dicht an der Teilungsstelle des Hauptstammes vollständig.

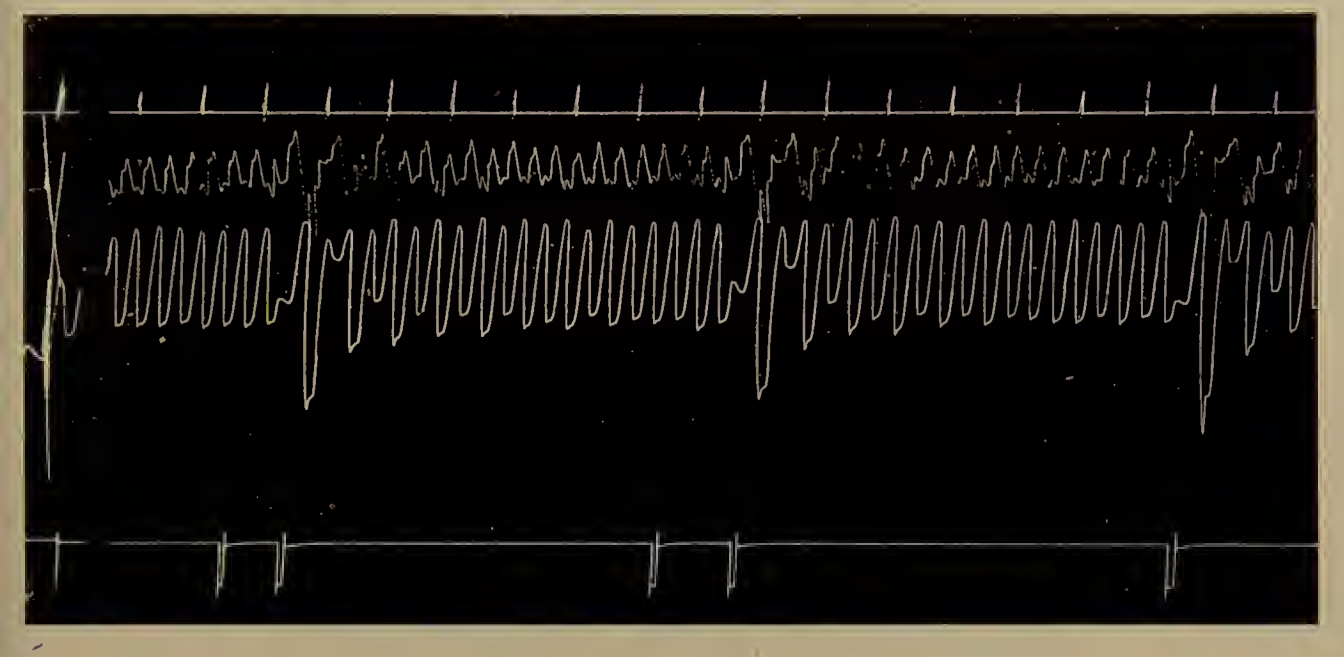


Fig. 72 *a*.

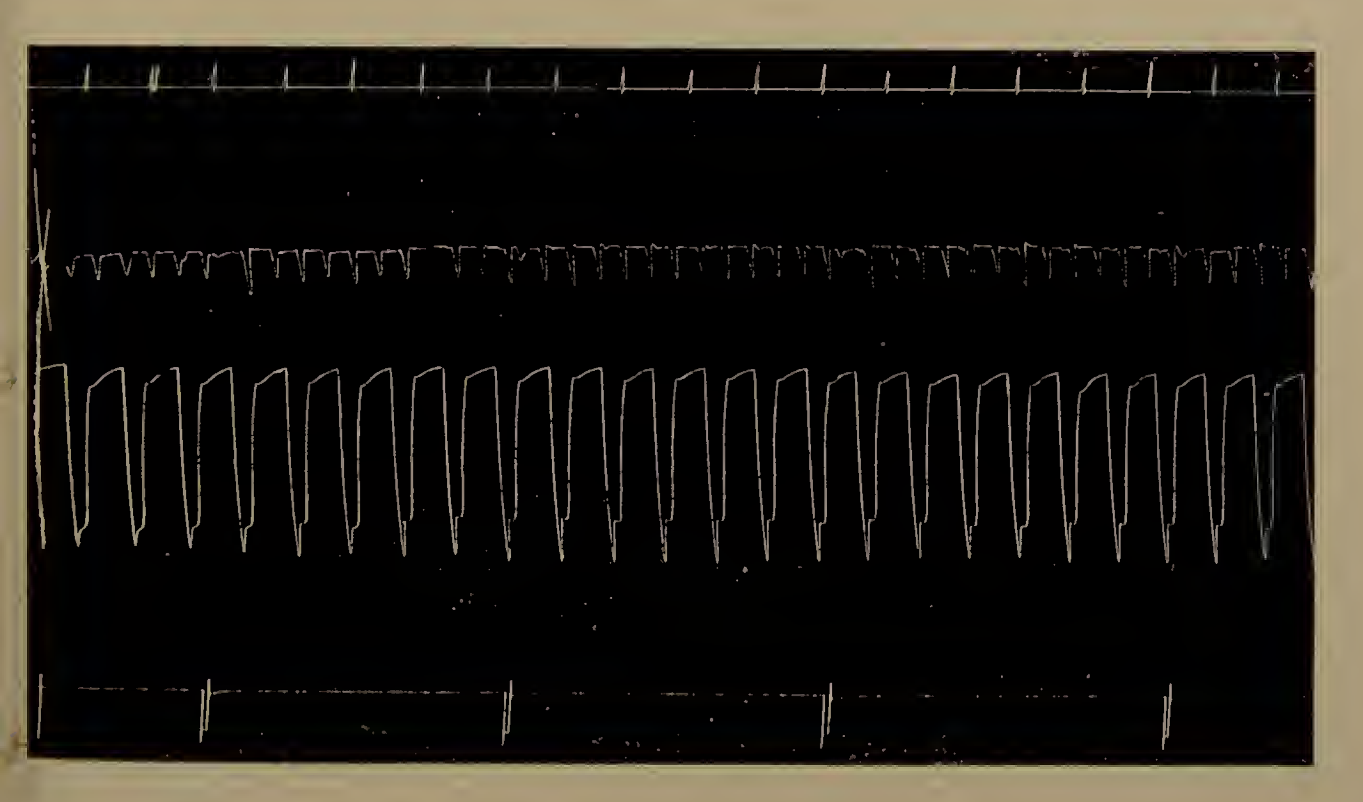


Fig. 72 *b*.

Fig. 72. Affe 2. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 7 der Versuchstabelle). Überleitung aufgehoben (*b*).



Fig. 73. Ziege 2. Herz in natürl. Grösse. Operationsschnitt im Bilde schräg von links oben nach rechts unten verlaufend. Unter seinem oberen Teil ist die Bündelausbreitung zu sehen.

Ziege 3.

Einschnitt in das Septum erfolgte am oberen Ende des späteren Schnittes. Kammerstillstand erst bei Durchziehen des Messers nach unten erfolgend.

1.	1½ Min. v VS	8,75	8,75	1 : 1	(VEs übergeleitet; Fig. 75 *a*)
2.	Gleich n VS	9,4	9,4		(VS = 2½ Min. v SS; n SS Kammerstillstand; KEs nicht auf V übergeleitet; 2 Min. n SS Blutzusatz)
3.	3½ Min. n SS	8,21		1 : 18;	1 : 21: 1 : 18 (Abstände der Kammersystolen etwas verschieden; Fig. 75 *b*)
4.	4½ „ n SS	7,6		1 : 17;	1 : 20; 1 : 21; 1 : 20; 1 : 33: 1 : 27; 1 : 43
5.	6., 7., 9—16 Min. n SS				VEs oder KEs nicht übergeleitet
8.	18½ Min. n SS	8,8			(dann plötzlich irreparables Flimmern)

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt die Bündelschenkel an der Teilungsstelle vollständig.



Fig. 74. Ziege 3. Herz in natürl. Grösse. Operationsschnitt im Bilde schräg von links oben nach rechts unten laufend. Darunter die Bündelausbreitung.

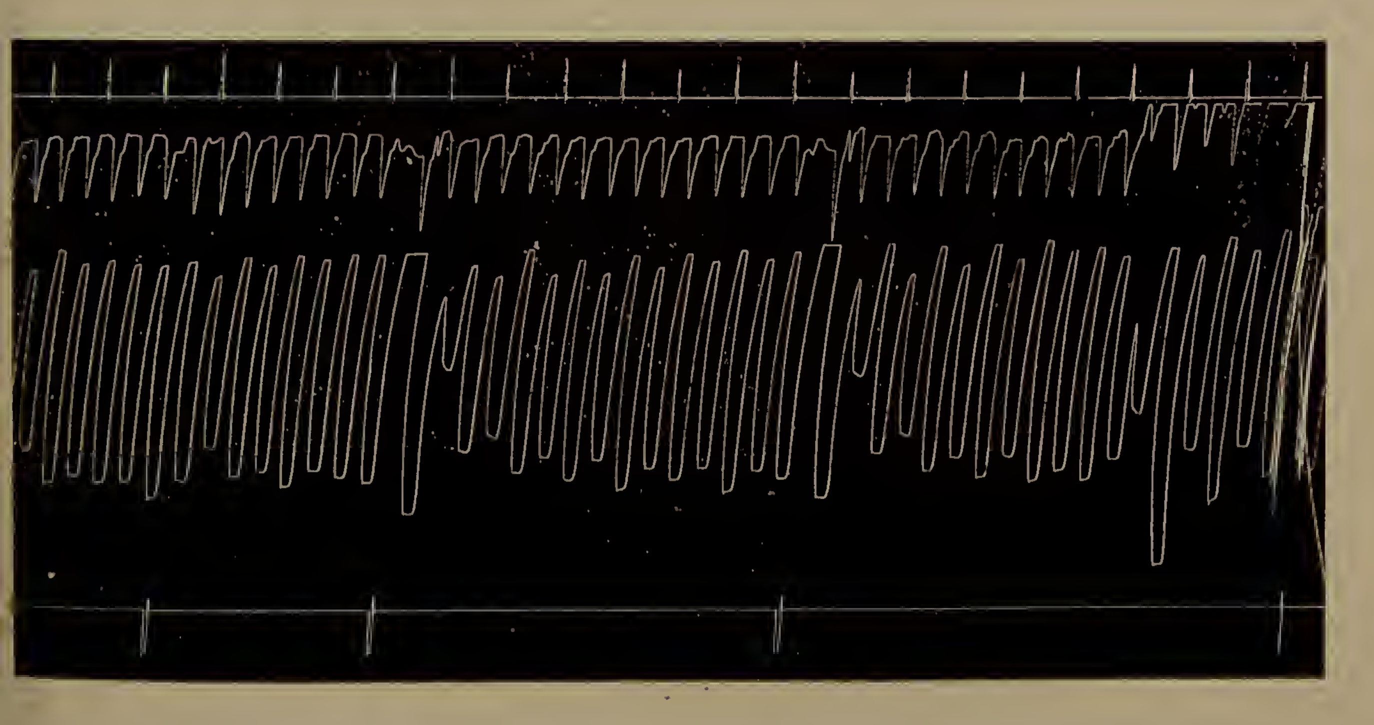


Fig. 75 *a*.

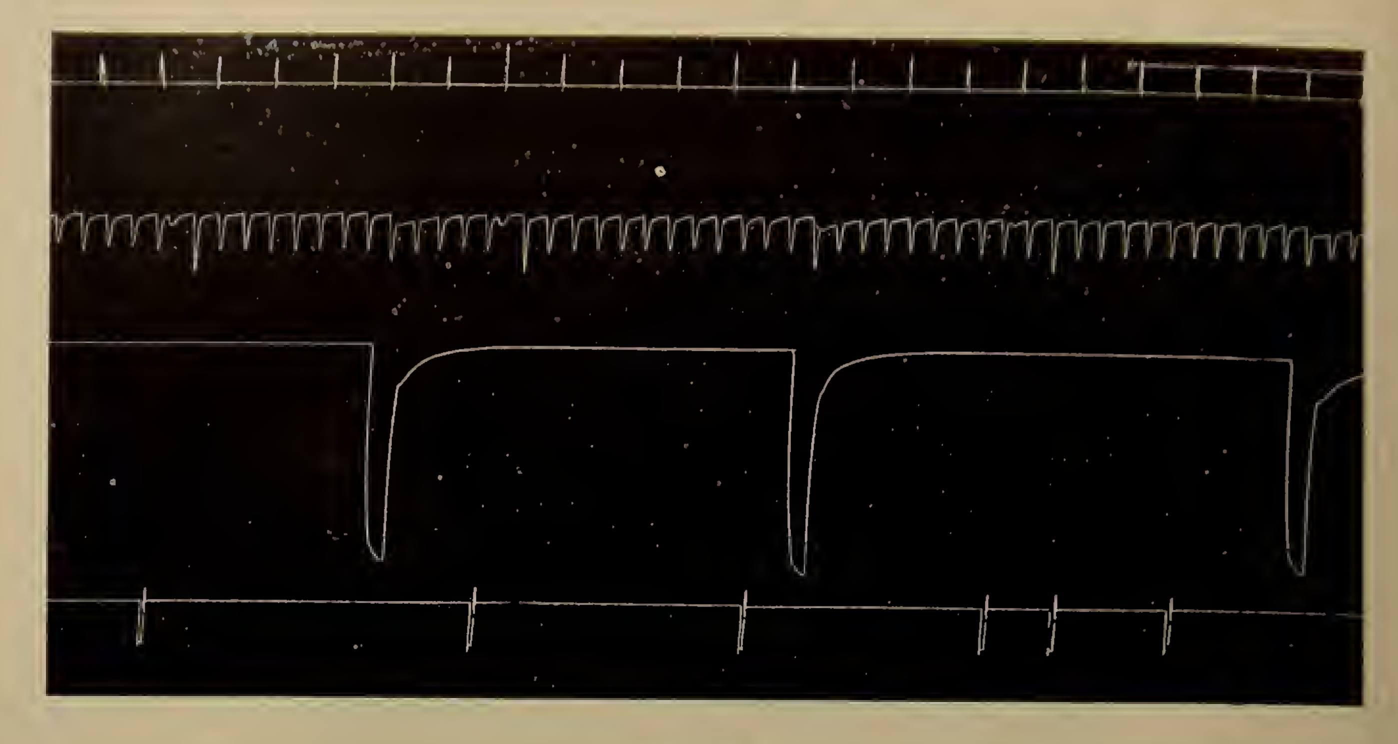


Fig. 75 *b*.

Fig. 75. Ziege 3. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt ($a = 1$; $b = 3$ der Tabelle). Überleitung nach dem Schnitt aufgehoben.



Fig. 76. Ziege 4. Herz in natürl. Grösse. Links von dem senkrechten Operationsschnitt ist die Bündelausbreitung zu sehen.

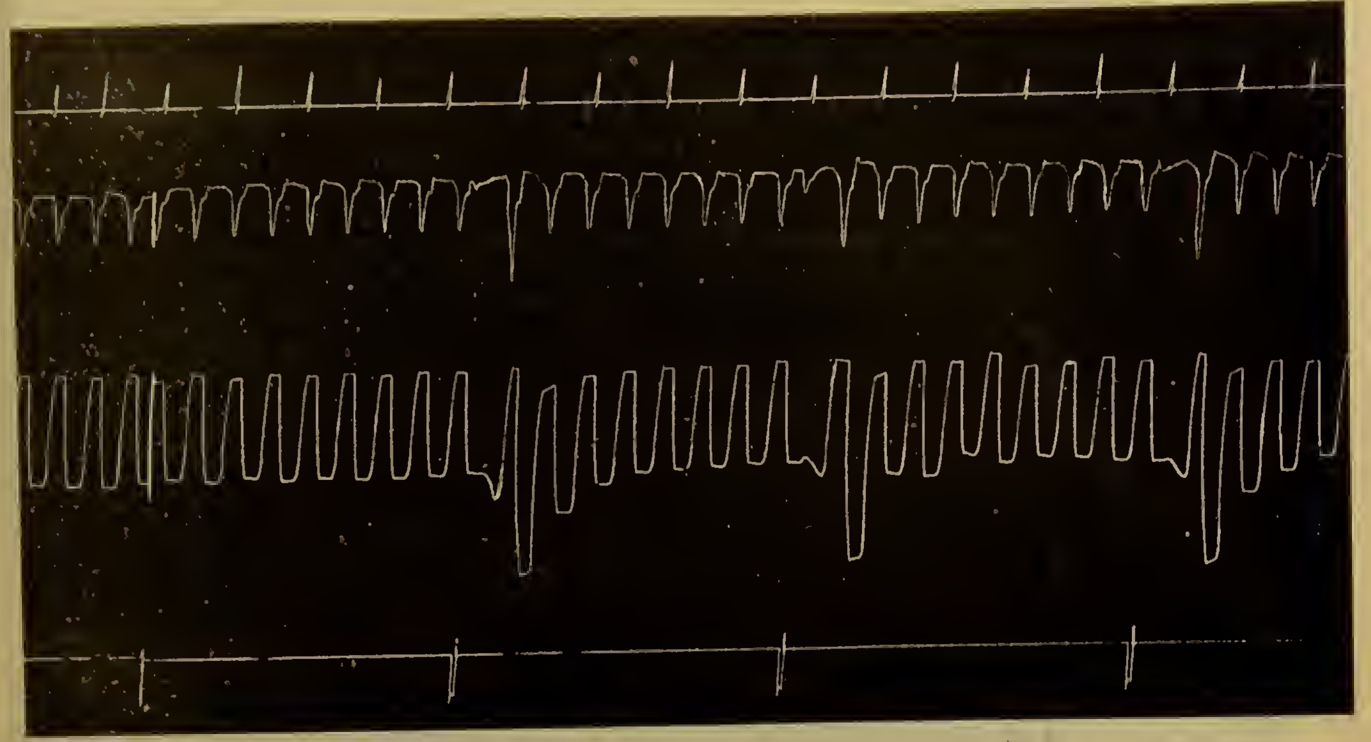


Fig. 77 *a*.

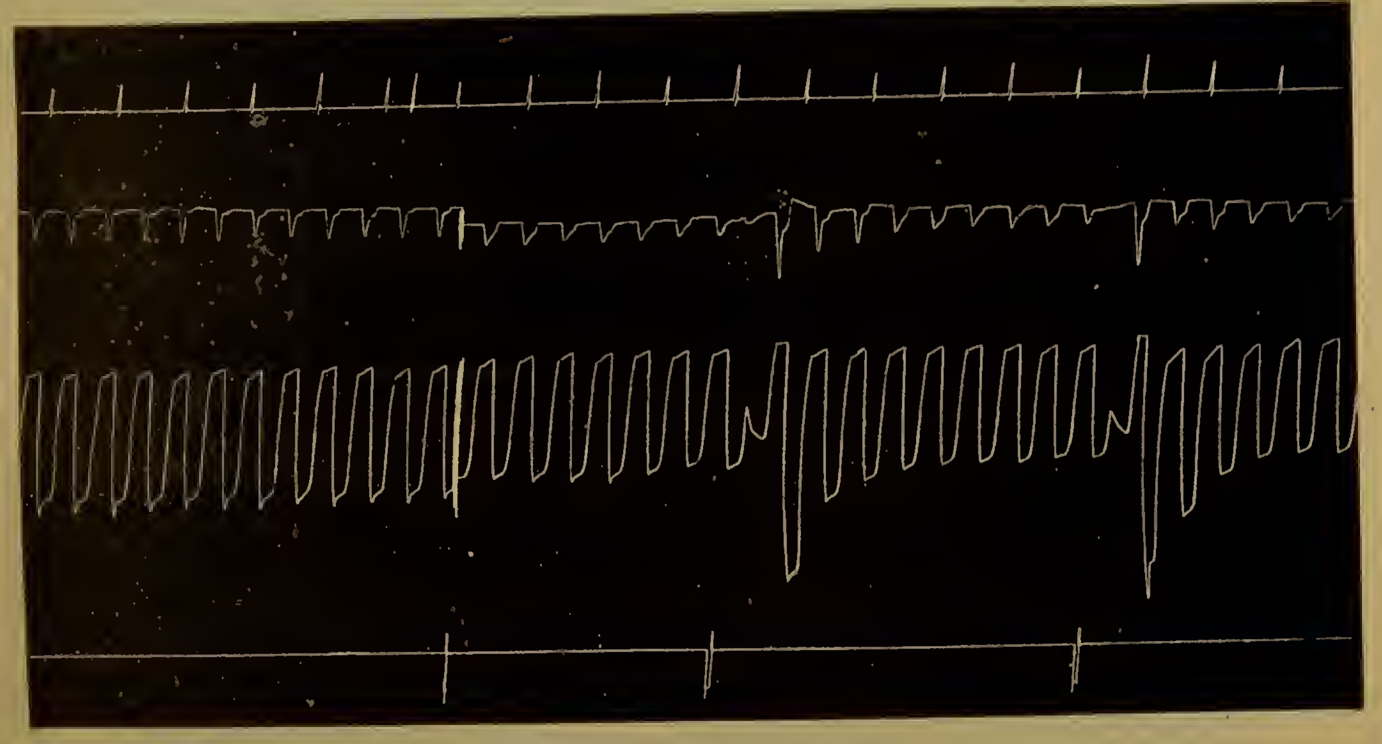


Fig. 77 *b*.

Fig. 77. Ziege 4. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 2; *b* = 3 der Tabelle). Keine Überleitungsstörung.

Ziege 4.

Einschnitt absichtlich nur neben und unter dem Bündel ausgeführt. Nur Locke-Lösung zur Durchspülung verwendet.

1.	1½ Min. v VS	9	9	1 : 1	(V Es übergeleitet)
2.	½ „ n VS	10,4	10,4	1 : 1	(V Es übergeleitet; Fig. 77 *a*)
3.	1 „ n SS	10,8	10,8	1 : 1	(S S = 3½ Min. n. VS; V Es übergeleitet; Fig. 77 *b*)

Abhängigkeit des Kammerschlages vom Vorhof noch länger beobachtet; inzwischen andere Versuche, die hier ohne Belang.

4.	11 Min. n SS	9,75	9,95	1 : 1

Unverletztheit des Bündels geht aus der Schnittlage ohne weiteres hervor.



Fig. 78. Ziege 5. Herz in natürl. Grösse. Unter den Aortenklappen ist der horizontal verlaufende Operationsschnitt zu sehen. Weiter unter demselben die Bündelausbreitung.

Ziege 5.

1.	Gleich v VS	7,35	7,35	1 : 1	
2.	Gleich n VS	7,45	7,45	1 : 1	
3.	2 Min. n VS				VEs übergeleitet (SS = $3^1/_2$ Min. n VS; Fig. 79*a*)
4.	2 „ n SS	8,4		1 : 35,2	(Abstände der Kammersystolen nicht regelmässig)
5.	$2^1/_2$ Min. n SS				VEs nicht übergeleitet
	Darauf:			1 : 33,5; 1 : 39,5; 1 : 28,6	
6.	4 Min. n SS				Blutzusatz, dadurch Kammer häufiger schlagend
7.	5 „ n SS	7,9	48,2	1 : 6,1	
8.	7 „ n SS	7	42	1 : 6	
9.	11 „ n SS				VEs nicht übergeleitet (Fig. 79*b*)

10.	12 Min. n SS	7,35	84,2	1 : 11,4	
11.	18 „ n SS	7,7	100	1 : 13	
12.	20 „ n SS	8,05	133	1 : 16,5	
13.	22½ „ n SS				plötzliches Kammerflimmern

Mikroskop. Befund: Der experimentelle Schnitt durchtrennt die Bündelfaserung vollständig an der Teilungsstelle.

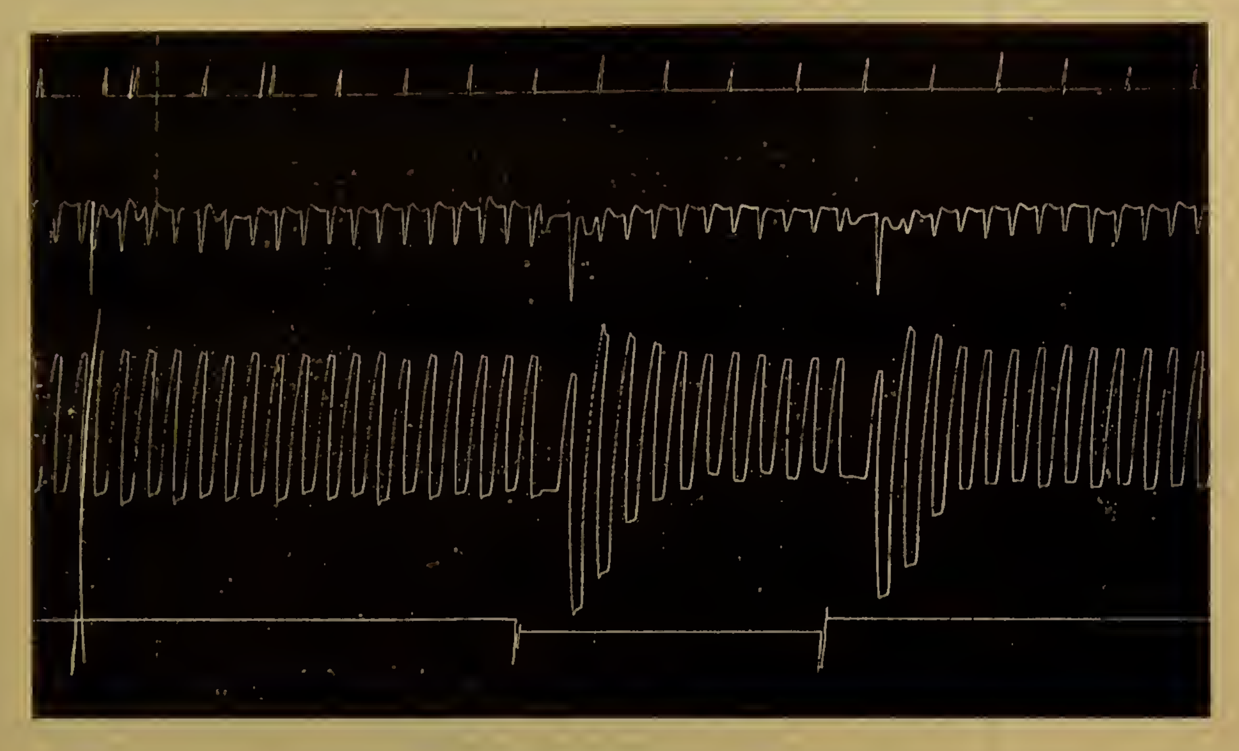


Fig. 79 *a*.

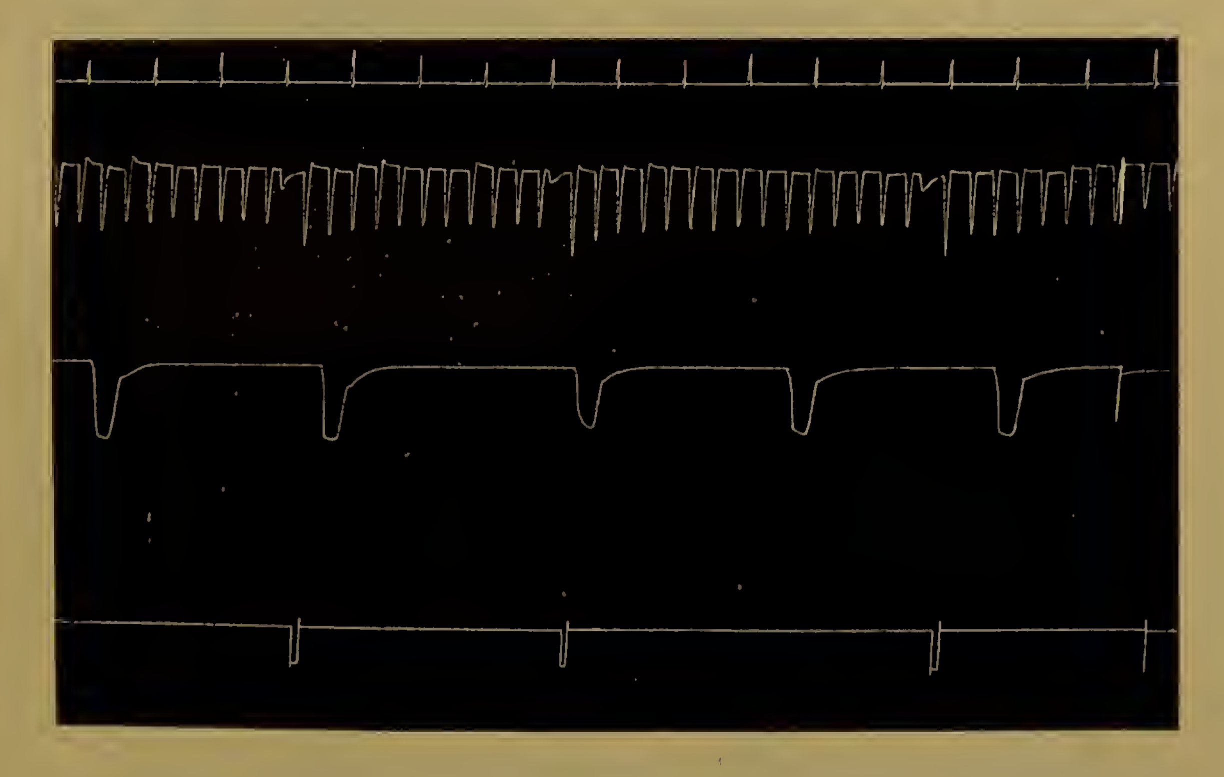


Fig. 79 *b*.

Fig. 79. Ziege 5. *a* vor, *b* nach dem Septumschnitt (*a* = 3; *b* = 8 der Tabelle).

H. Gesamtübersicht.

Tierart und Nummer	Verhalten der Überleitung	Ergebnis der mikroskopischen Serie über die Bündeldurchschneidung
Katze 4	Nicht gestört	Nicht wesentlich verletzt
„ 5	do.	Nicht vollständig durchschnitten
„ 6	do.	do.
„ 7	do.	do.
„ 8	do.	Im wesentlichen unverletzt
„ 9	do.	Teilweise erhalten
„ 12	do.	Nicht vollständig durchschnitten
„ 13	do.	do.
„ 14	do.	Stamm durchschnitten, ventralwärts jedoch Vorhofverbindung erhalten
„ 15	Vorübergehend aufgehoben	Nicht vollständig durchschnitten
„ 16	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 17	Nicht gestört	(Nicht verletzt*)
„ 19	do.	Nur einige Fasern durchschnitten
„ 20	Aufgehoben (nur vorübergehend?)	Durchschnitten, einige wenige Fasern aber zweifelhaft
„ 21	Aufgehoben	Nur wenige Fasern erhalten
„ 22	Nicht aufgehoben; vorübergehend Halbierung	Bündel nur in Längsrichtung verletzt
„ 23	Aufgehoben	Einige Fasern erhalten
„ 24	Nicht gestört	Bündel teilweise erhalten
„ 25	do.	Teilweise erhalten
„ 26	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 27	Nur vorübergehend aufgehoben	Stamm durchschnitten, jedoch ventralwärts Vorhofverbindung erhalten
„ 28	Nicht gestört	Teilweise erhalten
„ 29	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 30	Nicht gestört	Nicht vollständig durchschnitten
„ 31	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 32	do.	Bündelfaserung völlig durchschnitten
Kaninchen 5	Vorübergehend aufgehoben	Schnitt verletzt nur den unteren Bündelstamm
„ 6	do.	Rechter und linker Schenkel nur im dorsalen Teil verletzt
„ 7	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 8	do.	Nur ventral einige wenige Fasern erhalten
Hund 1	do.	Vollständig durchschnitten
„ 2	do.	do.
„ 3	do.	do.
„ 4	do.	do.
„ 8	do.	do.
„ 9	Nur ganz vorübergehend gestört	Linker Schenkel zum Teil erhalten
„ 10	Vorübergehend aufgehoben	Bündel teilweise erhalten
„ 11	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 12	Nicht gestört	Hauptmasse des Bündelstammes unverletzt
„ 13	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
„ 14	do.	do.
„ 15	do.	do.
„ 16	do.	do.
„ 17	do.	do.
„ 18	do.	do.
„ 19	do.	do.
„ 20	do.	do.

Tierart und Nummer	Verhalten der Überleitung	Ergebnis der mikroskopischen Serie über die Bündeldurchschneidung
Affe 1	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten
" 2	do.	do.
Ziege 2	do.	do.
" 3	do.	do.
" 4	Nicht gestört	(Nicht verletzt *)
" 5	Aufgehoben	Vollständig durchschnitten

*) Da in diesen beiden Fällen der Schnitt fern vom Bündel lag, konnte die mikroskopische Untersuchung unterlassen werden.

III. Ergebnisse der vorstehenden Versuchsreihen.

A. Allgemeines über die aufgetretenen Rhythmusstörungen.

Bei der Besprechung der Ergebnisse unserer Versuchsreihe sollen hier in einem ersten Abschnitt die Folgen der operativen Durchschneidungen für den Herzrhythmus ohne Rücksicht darauf, wie der ausgeführte Schnitt zum Bündel liegt, vorangestellt werden. Erst im nächsten Abschnitt wird durch einen Vergleich des funktionellen Verhaltens der operierten Herzen mit dem anatomischen Befund das Ergebnis für die Hauptfrage nach der Bedeutung des Bündels für die Überleitung zu folgern sein.

Die schon vielfach näher untersuchten Überleitungsstörungen, auf deren Literatur[1]) hier nicht eingegangen werden soll, kann man in partielle und totale unterscheiden. Bei den ersteren ist die Überleitung zwischen Vorhöfen einerseits und Kammern andererseits nur geschädigt, bei den letzteren vollständig aufgehoben. Die partielle Störung, die unter der Bezeichnung des partiellen Blocks bekannt ist, besteht in einer Verlangsamung des Kammerschlags, bei welcher der Systolenabstand der Vorhöfe zu dem der Kammer sich genau wie 1 : 2 oder 1 : 3 verhält; auch kann das Frequenzverhältnis plötzlich zwischen diesen Werten springen. Gruppenbildungen haben wir als Folge einer partiellen Überleitungsstörung nicht beobachtet. Es muss noch betont werden, dass aus dem Vorhandensein des genannten Zahlenverhältnisses, auf dessen Erklärung hier nicht näher eingegangen zu werden braucht, nicht stets ohne weiteres geschlossen werden darf, dass die überleitenden Ele-

1) Vgl. die schon zitierten Arbeiten sowie J. Erlanger and A. D. Hirschfelder, Further studies on the physiology of heart-block in mammels. Am. journ. of physiol. vol. 15 p. 153. 1905/06. — J. Erlanger, Further studies on the physiology of heart-block etc. Am. Journ. of physiol. vol. 16 p. 160. 1906.

mente nur geschädigt, nicht vollständig durchtrennt sind; es kommen vielmehr auch bei vollständiger Dissoziation (Leitungsaufhebung) sehr langsame Verschiebungen des Frequenzverhältnisses vor, bei denen dann vorübergehend ein ganzzahliges Verhältnis für längere Kurvenstrecken bestehen kann.

Wir kommen so zu den totalen Überleitungsstörungen. Bei diesen ist die gesetzmässige Abhängigkeit des Kammerschlags vom vorhergehenden Vorhofschlag ganz und dauernd aufgehoben. Obwohl die Kammer unter natürlichen Bedingungen ihren Anreiz vom Vorhof erhält, steht sie nach Wegfall der Überleitung nicht still, sondern geht in einen Eigenrhythmus über, der in der Regel beträchtlich langsamer ist wie der Vorhofrhythmus, und bei welchem die Kammerperiode nicht durch eine ganze Zahl ausgedrückt wird, wenn die Vorhofperiode gleich 1 gesetzt ist. Dass durch Zufall auch einmal ein genau ganzzahliges Verhältnis auftreten kann, wurde oben schon berührt; da aber meist das Frequenzverhältnis sich langsam ein wenig verschiebt, wird für dasselbe eine bestimmte Grösse nicht über längere Zeit zu beobachten und in der Regel die Relativzahl der Kammerperiode keine ganze Zahl sein. In unseren Versuchstabellen sind die Verhältniszahlen der Vorhofperiode zur Kammerperiode für verschiedene Zeiten jedes Versuchs angegeben. Den verhältnismässig schnellsten Eigenrhythmus weist die Kammer bei der Katze auf; das Verhältnis der Systolenabstände (Perioden) von Vorhof und Kammer betrug durchschnittlich im Maximum 1 : 2,22 und im Minimum 1 : 1,5. Ähnliche Werte wurden auch für die Affen gefunden (1 : 2,22 bzw. 1 : 1,43), während beim Kaninchen die Kammerfrequenz durchschnittlich relativ etwas langsamer war (1 : 2,62 bzw. 1 : 1,67). Beim Hunde betrug der Mittelwert für das Periodenverhältnis im Maximum 1 : 4,43, im Minimum 1 : 2,4, war also noch mehr im Sinne einer langsameren Kammertätigkeit verschoben. In weitem Abstand folgen dann erst die für die Ziegenherzen geltenden Zahlen, ja bei diesen kann schon mehr von langen Stillständen der Kammer gesprochen werden. Ob sich darin nur Artunterschiede aussprechen, oder ob das geringe Alter der verwendeten Ziegen mehr in Frage kommt, lässt sich nicht ganz entscheiden; doch dürfte das letztere wahrscheinlicher sein.

Eigentümlicherweise findet sich in den Versuchen auch das andere Extrem vertreten, dass nämlich die Kammer nach der Durchschneidung vorübergehend schneller schlägt wie der Vorhof. Dies

war bei Katze 10 der Fall; da aber auch im Beginn der Durchspülung zeitweise das gleiche Verhalten vorlag, so dass es nicht auf den Schnitt bezogen werden konnte, wurde dieser Versuch nicht weiter verwertet. Auch bei Katze 20 und 21 wurde der Verhältniswert vorübergehend grösser wie 1, im letzteren Fall offenbar dadurch, dass der Vorhofschlag vorübergehend verlangsamt wurde; als die Vorhoffrequenz wieder auf die Ausgangsgrösse zurückgekehrt war, trat die Verlangsamung des an sich nicht wesentlich veränderten Kammerrhythmus wieder hervor. Beschleunigungen der Kammer im Verhältnis zum Vorhof konnten ferner gelegentlich im Moment des Schneidens beobachtet werden; sie verschwanden aber sehr schnell und werden als Reizerscheinung zu deuten sein.

Wenn auch die bisher besprochenen Beziehungen zur Erkennung einer vollständigen Leitungsaufhebung in der Regel genügen, so ist doch wünschenswert, diese noch an dem Fehlen einer Überleitung von Vorhofextrasystolen festzustellen. Dies ist in unseren späteren Versuchen (in der oben gegebenen Reihenfolge von Katze 21 an) stets geschehen. Es soll hier nur noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Ausfall einer Kammerextrasystole bei Reizung des Vorhofs nicht bedingungslos das Fehlen der Überleitung beweist, sondern dass auch das Ankommen des übergeleiteten Reizes zur Zeit der Kammerrefraktärphase das gleiche Bild bedingen kann, wenn etwa eine partielle Leitungsstörung mit Halbrhythmus der Kammer besteht. Führt man aber die Extrareize am Vorhof in mehrfacher Wiederholung aus, so wird man bei konstantem Fehlen einer Beteiligung der Kammer vor einer Täuschung auch ohne besondere Messungen geschützt sein.

Im vorigen wurde bisher meist kurz von „Vorhof“ und „Kammer“ gesprochen und noch nicht die Frage berührt, ob ein ungleiches Verhalten beider Kammern auftrat, etwa derart, dass die eine vom Vorhof abhängig, die andere unabhängig schlug, oder die eine in der gleichen Frequenz mit dem Vorhof, die andere im Halbrhythmus. Wir haben auf diesen Punkt in allen unseren Versuchen genau geachtet, und niemals etwas Ähnliches beobachtet. Besondere Hinweise konnten deshalb in den mitgeteilten Versuchsübersichten unterlassen werden. Ein besonderes Interesse gewinnt diese Frage im Hinblick auf die Fälle, in denen ein Schenkel des Bündels durchschnitten, der andere erhalten oder doch nur teilweise zerstört ist. Dies war der Fall bei den Katzen 9, 12, 13, 19, 25,

30 und bei dem Hunde 9. Alle diese Fälle stimmen darin überein, dass der rechte Schenkel vollständig durchschnitten, der linke hingegen teilweise verschont war, und dass in allen der gemeinsame Schlag beider Kammern aufrechterhalten blieb. Wenn wir auch über die feineren zeitlichen Verhältnisse nichts aussagen können, die sich etwa darin geändert haben könnten, dass der Kontraktionsbeginn beider Kammern eine minimale Zeitdifferenz aufwies, so kann doch der Schluss gezogen werden, dass die eine von der direkten Bündelverbindung abgetrennte Kammer auf dem Wege der anderen noch hinreichende Impulse erhält.

B. Überleitungsstörungen und Bündeldurchschneidung.

1. Versuche an Katzenherzen.

Nach diesen Vorbemerkungen kommen wir auf die uns vorwiegend interessierende Frage, inwieweit die Überleitung der Erregung von den Vorhöfen auf die Kammern an die Unversehrtheit der Bündelfasern gebunden ist. Die sehr verwickelten Verhältnisse am Katzenherzen seien vorangestellt.

Als wir eine Anzahl von Versuchen am Katzenherzen, mit denen wir unsere ganze Reihe begannen, durchgeführt hatten, zeigte sich, dass eine Aufhebung der Überleitung auch dann nicht eintrat, wenn gemäss dem bisher bekannten eine Durchschneidung des Bündelhauptstammes angenommen werden musste. Allerdings waren die ersten Schnitte in der Regel infolge der noch geringen Übung etwas zu kurz und zum Teil auch zu weit nach unten geführt worden (K. 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12); in den Fällen 13 und 14 aber war die gewünschte Schnittlage vollkommen erreicht, ohne dass eine Störung der Überleitung eingetreten wäre. Da es naturgemäss nicht möglich war, in der Herstellung der Schnittserien gleichen Schritt mit der Ausführung der Experimente zu halten, bemühten wir uns zunächst, eine Schnittrichtung und Schnittlänge zu finden, bei welcher die Dissoziation mit Sicherheit zu erzielen war. Von der in einigen Befunden begründeten Annahme ausgehend, dass vielleicht die Bündelfaserung bei der Katze in grösserer Ausbreitung zum Kammerseptum übertritt, versuchten wir, das letztere in mehr oder weniger grossem Umfang von dem Vorhofseptum abzutrennen, erreichten aber auch dabei keine ohne weiteres eindeutigen Ergebnisse. So glich sich auch bei Katze 15, bei der allerdings der unter der

Valvula dextra gelegene Schnitteil, wie die Sektion zeigte, nur die linke Seite des Kammerseptum betraf, die Überleitungsstörung bald vollkommen wieder aus, was wohl auf eine starke Massenbeeinträchtigung, aber nicht auf eine vollständige Durchschneidung der überleitenden Elemente hinwies. Die im ganzen recht ähnlichen Fälle 16 und 18 gaben bezüglich der Überleitung ein ganz entgegengesetztes Resultat, wie des näheren den Tabellen zu entnehmen ist. Ähnliches gilt für die sich anschliessenden Fälle 25, 26, 27, 28 und 30. Dagegen konnte durch eine Schnittführung, die sich wieder der von Tawara vorgeschlagenen näherte, in einigen Fällen vollständige Aufhebung der Überleitung erzielt werden (K. 21, 23), während in einem anderen Fall ein im wesentlichen entsprechender Schnitt nur eine vorübergehende Störung hervorrief (K. 20).

1. Anatomischer Befund über die Bündeldurchschneidung.

Die histologische Durcharbeitung des ganzen Materials ergab nun im wesentlichen folgendes: Die Fälle sind am besten in solche einzuteilen, in denen die Bündelfaserung gar nicht, unvollständig oder vollständig durchtrennt war.

a) Bündelfaserung im wesentlichen unverletzt. Zu den Fällen der oben genannten ersten Gruppe seien hier auch diejenigen gerechnet, in welchen nur eine sehr geringe Verletzung von Teilen der Bündelfaserung gesetzt wurde. Es gehören dann hierher K. 4, 8, 17, 19. Eine Überleitungsstörung trat in diesen Versuchen nicht ein; sie bilden neben manchen anderen Experimenten einen Beweis dafür, dass bei der Katze die Nebenumstände der Eingriffe für Überleitungsstörungen in unseren Versuchen nicht verantwortlich gemacht werden können.

b) Unvollständige Bündeldurchschneidung. Unvollständige Bündeldurchschneidungen, die aus gleich näher besprochenen Gründen bei der Katze viel häufiger auftraten wie bei den anderen Versuchstieren, liegen in den Fällen K. 5, 6, 7, 9, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 30 vor. Während in den später aufgeführten Versuchen am Hund die Unvollständigkeit der Durchschneidung im wesentlichen darin besteht, dass der Schnitt nach oben nicht durch den ganzen Hauptstamm geführt wurde, sondern noch inmitten desselben endete, liegen bei der Katze meist ganz andere Verhältnisse zugrunde. Das angedeutete Verhalten findet sich nur bei K. 23 vor. Bei K. 5, 9, 12, 13, 30 besteht die Unvollständigkeit der

Durchschneidung in erster Linie darin, dass der Schnitt zu wenig schräg ausgeführt wurde, so dass ein Teil der ziemlich beträchtlichen Ausbreitung des linken Schenkels dorsal vom experimentellen Schnitt, also in Verbindung mit dem Vorhof blieb. Ferner sind noch zwei Fälle erwähnenswert (K. 19 u. 22), in denen die Unvollständigkeit der Durchschneidung darin besteht, dass der Bündelhauptstamm in der Längsrichtung getroffen wurde, so dass sowohl oberhalb wie unterhalb des Schnittes intakte Fasern stehen blieben.

Ein weiterer und sehr wichtiger Grund für die Unvollständigkeit der Durchschneidung liegt aber in anatomischen Verhältnissen, die bisher nicht bekannt waren, und die hier etwas näher zu besprechen sind. Nach den bisher gemachten Feststellungen, die auch wir für das Herz des Hundes, des Affen und der Ziege vollständig zutreffend fanden, verlaufen die Fasern des Übergangbündels ziemlich eng aneinander gelagert bis zur Teilungsstelle in die beiden Schenkel, ohne dass der in dieser Weise gebildete Hauptstamm in seinem Verlauf etwa vereinzelte Fasern vorzeitig abgibt. Erst nachdem die beiden Schenkel sich abwärts gewendet und unter das Endokard begeben haben, breitet sich die Bündelfaserung mehr oder weniger stark aus, derart, dass die Fasern im histologischen Querschnitt eine dünne, aber langgestreckte Reihe bilden. Bei der Katze kommt nun aber noch eine andere Eigentümlichkeit hinzu, welche wir als „atypische Teilung“ bezeichnen möchten. Sie besteht darin, dass schon aus dem annähernd parallel zum Ansatzrand der Aortenklappen verlaufenden Hauptstamm vor der typischen Teilung in die beiden Schenkel mehr oder weniger zahlreiche und voneinander getrennte Fasern abgegeben werden, die sogleich senkrecht abwärts in der Richtung zur Herzspitze abbiegen und zum Teil so weit dorsalwärts gegen den Ursprung des Bündels hin liegen, dass sie mit dem Schnitt sehr schwer zu erreichen sind und mithin die vollständige Durchschneidung der Bündelfaserung vereiteln. So wäre ohne diese atypischen Fasern in den Fällen K. 6, 7, 21 die Durchschneidung des Bündels eine vollständige gewesen, in anderen Fällen wären weit weniger Fasern der Durchschneidung entgangen, als es in der Tat der Fall war[1]).

---

1) Mit dem Begriff der atypischen Teilung möchten wir in erster Linie einen kurzen Ausdruck für das zugrunde liegende Verhalten haben, ohne dass das Schematische einer solchen Bezeichnung verkannt werden soll. Zwischen

c) Vollständige Bündeldurchschneidung. Schon nach dem Vorhergehenden ist es verständlich, dass durch den gewöhnlichen Schnitt, der beim Hunde stets zum Ziele führen kann, bei der Katze eine vollständige Bündeldurchschneidung nur ausnahmsweise zu erreichen sein wird, nämlich wenn sich die Ausbreitung der atypischen Fasern nicht zu weit dorsalwärts erstreckt. So konnte nur im Fall 29 eine vollständige Durchschneidung durch einen einigermaassen dem gewöhnlichen Verlauf entsprechenden Schnitt erreicht werden. Auch in den Fällen 31 und 32 würde voraussichtlich der unter der Valv. post. liegende Schnitteil (s. Fig. 31 und 33) zur vollständigen Durchschneidung ausgereicht haben. Ein Blick auf die Fig. 26 vom Fall 26 zeigt hingegen, dass hier nur ein ausgiebiger bis weit nach der Valv. sin. reichender Schnitt sämtliche zum Bündelsystem gehörige Fasern treffen konnte, ja die Serie ergab, dass das im Bilde rechts befindliche Schnittende nur eben noch die am weitesten von der Hauptteilung abliegenden atypischen Fasern traf, wie dies auch in der schematischen Abbildung angedeutet ist. Bei K. 25 hingegen konnte ein in vieler Beziehung ähnlicher Schnitt diese äussersten Fasern nicht mehr erreichen.

2. Vergleich des anatomischen und funktionellen Befundes.

Wir gehen nunmehr zu der vom physiologischen Standpunkt aus wichtigsten Frage über, welche Schlüsse aus den am Katzenherzen ausgeführten Versuchen auf den Ort der Überleitung gezogen werden können. Dafür ist ein Vergleich der anatomischen und funktionellen Folge des experimentellen Schnittes zu ziehen. Die Versuche sind unter diesem Gesichtspunkte in solche einzuteilen, bei denen die Überleitung nicht dauernd aufgehoben war, und zwar mit oder ohne Verletzung des Bündels, und solche, in denen die Überleitung aufgehoben war, wiederum mit oder ohne vollständige Bündeldurchschneidung.

---

dem Fall, in welchem die sich vorzeitig abzweigenden Fasern als von dem linken Schenkel räumlich getrennt aufgefasst werden können, und dem, in welchem mehr von einem sehr breiten Ursprung des linken Schenkels, der sich über einen beträchtlichen Teil des Hauptstammes erstreckt, gesprochen werden kann, liegen alle Übergänge; werden diese beiden extremen Fälle und ihre Übergänge als atypische zusammengefasst, was in Anbetracht ihrer gleichen Bedeutung für die Folgen der experimentellen Schnitte nötig ist, so ist die atypische Teilung bei Katzen und Kaninchen als Regel zu bezeichnen.

a) Überleitung nicht aufgehoben. Hier seien alle Fälle zusammengefasst, in denen die Überleitung entweder gar nicht gestört oder nach vorübergehender Störung wieder normal geworden war, oder in denen nur eine partielle Störung (in dem früher angegebenen Sinne) vorlag. Diese Fälle können im einzelnen der schon oben gegebenen Tabelle entnommen werden. Sie lassen sich mit gleich zu besprechenden Ausnahmen leicht mit der Lehre von der Erregungsleitung im Übergangbündel in Einklang bringen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind in der Tat die Bündelfasern entweder nur unerheblich bzw. gar nicht verletzt, oder doch in einem solchen Betrage erhalten, dass die Beziehung der erhaltenen Überleitung auf die stehengebliebenen Fasern auf keine Schwierigkeiten stösst.

Demgegenüber stehen aber einige besonders schwierige Fälle, welche hier einer näheren Besprechung bedürfen (K. 14, 15, 20, 24, 27). Von diesen Fällen können zunächst K. 14 und 27 herausgegriffen werden, in denen beiden der Ursprungsteil des Bündels durchschnitten ist, ohne dass die Überleitung dauernd aufgehoben war. Die histologische Untersuchung ergab aber, dass dennoch eine Verbindung der Kammern mit den Vorhöfen durch das Bündel bestehen blieb, indem in den ventralwärts von dem experimentellen Schnitt liegenden Partien noch Beziehungen des Vorhofs zum Bündel vorhanden sind. Die ganze Sachlage kann danach am einfachsten kurz dahin angegeben werden, dass der Schnitt zu weit dorsalwärts, noch in den Ursprungsteil des Bündels hineingefallen war, und dass sich in diesen Fällen der Ursprungsteil selbst besonders weit nach unten erstreckt. Diese Fälle zeigen deutlich, dass es bei den nicht unbeträchtlichen Variationen in der genaueren Lage des Bündels bei der Katze recht aussichtslos sein würde, weiter nach einer typischen Schnittrichtung zu suchen, die mit grösserer Sicherheit in jedem Falle eine vollständige funktionelle Trennung von Vorhöfen und Kammern erreichen würde.

Im Falle 20 sind ferner die Bündelfasern der überwiegenden Hauptsache nach durchschnitten; einige wenige Fasern aber, welche in der Gegend des unteren Endes des experimentellen Schnittes noch dorsal desselben liegen, lassen sich in ihrem weiteren Verhalten leider nicht verfolgen. Aber auch von der physiologischen Seite her ist dieser Fall nicht ganz klar, indem hauptsächlich die Probe auf Überleitung von Extrasystolen fehlt, und deshalb nicht sicher genug

gesagt werden kann, ob wirklich die Überleitung vorübergehend wiederhergestellt war, oder ob es sich nur um eine fast identische Frequenz der im übrigen voneinander unabhängig schlagenden Vorhöfe und Kammern handelte. Dass an diese Möglichkeit sehr zu denken ist, zeigt der Umstand, dass zur Zeit zweifelloser Dissoziation (z. B. $1^1/_2$, $6^1/_2$ und 15 Minuten nach dem Schnitt, s. die Tabelle) die Kammerfrequenz nur ausserordentlich wenig von derjenigen des Vorhofs verschieden war. Aus diesen Gründen können aus diesem Versuch keine Schlüsse gegen die Überleitungshypothese gezogen werden. Jedenfalls sind wir der Ansicht, dass in diesem Falle Vorhof und Kammer voneinander unabhängig schlagen, in einer zufällig sehr nahe übereinstimmenden Frequenz[1]). Infolge langsamer Verschiebungen des Frequenzverhältnisses, bei welchen zuerst die Kammer ein wenig langsamer, dann schneller und zuletzt wieder langsamer schlägt wie der Vorhof, liegen dazwischen Stellen, an welchen bei der nicht grossen Trommelgeschwindigkeit (1 mm = ca. 0,3 Sek.) jedenfalls kein Unterschied in der Frequenz von Vorhof und Kammer für 20 Kontraktionen nachweisbar ist.

In etwas anderer Weise als den beiden erstbeschriebenen Fällen bleibt bei K. 15 trotz eines umfangreichen Schnittes noch eine Verbindung bestehen. Auch hier liegt das Bündel im ganzen recht tief unten, so dass der parallel zum Bündelstamm verlaufende experimentelle Schnitt unter sich einen Teil des Bündelursprungs in Verbindung mit dem Vorhof und weiter ventral einen Teil des weiteren Bündelverlaufs in Verbindung mit der Kammer lässt.

Im Falle 24 endlich ergibt die Serie ebenfalls eine Übereinstimmung von physiologischem und anatomischem Befund mit der zu beweisenden Hypothese. Allerdings ist die Kontinuität des stehengebliebenen Bündelteils nicht ohne weiteres aus einem oder wenigen Schnitten ersichtlich, sondern ist in der Weise kompliziert, wie es am besten ohne weitere Beschreibung aus der oben gegebenen ganz schematisierten Abbildung hervorgeht (Fig. 23).

Kommen wir somit im ganzen zu dem Schluss, dass auch die schwierigeren von den das Katzenherz betreffenden Fällen der Annahme nicht widersprechen, dass das Bündel den einzigen zwischen

---

1) Der Fall gehört also eigentlich zu der nächsten Gruppe (vgl. b) und sollte nur hier gemeinsam mit den übrigen etwas verwickelten Fällen besprochen werden.

Vorhöfen und Kammern in Betracht kommenden Leitungsweg darstellt, so müssen wir andererseits doch darauf hinweisen, dass das Katzenherz im allgemeinen sich zu weiteren Untersuchungen über die Physiologie des Bündels nicht besonders eignet. Wir selbst mussten zwar diese Versuche vollständig durchführen, um nach Möglichkeit die Ursachen der verschiedenen Angaben der Autoren aufzudecken; zu weiteren die verschiedensten Zwecke verfolgenden Versuchen ist aber das Hundeherz wesentlich geeigneter, wie das Herz der Kaninchen oder Katzen, da sein Bündel viel konstanter verläuft und mit erheblicher Sicherheit vollständig zu durchschneiden ist, wie sich aus der weiteren Darstellung ergeben wird.

b) Überleitung aufgehoben. Diese Fälle ordnen sich im allgemeinen ohne weiteres der Annahme von der Erregungsleitung im Übergangbündel unter. Ganz streng genommen wäre dies allerdings nur dann eindeutig der Fall, wenn in keinem Fall von völlig aufgehobener Überleitung noch Reste der Bündelfaserung erhalten wären. Dies trifft aber für die Fälle 21 und 23 nicht zu, da in diesen einige allerdings nur spärliche und nur durch die genaue Verfolgung der Serien nachweisbare Reste dem Messer entgangen waren. Ein Einwand gegen die erwähnte Annahme kann aber unserer Ansicht nach aus den erwähnten Versuchen nicht gemacht werden. Denn man wird sich stets vor Augen halten müssen, dass durch die histologische Untersuchung wohl über die anatomische, nicht aber ohne weiteres auch über die funktionelle Kontinuität etwas ausgesagt werden kann. Man kann aus dem histologischen Bilde nicht entnehmen, ob vielleicht die feinsten diese Bündelfasern versorgenden Gefässchen mit durchtrennt waren, ob durch unvermeidliche Quetschung eine Funktionsunfähigkeit eingetreten war, oder ob die stehengebliebenen Fasern noch leiteten, die Stärke der fortgeleiteten Erregung aber vielleicht nicht mehr den genügenden Grad besass.

2. Versuche an Kaninchenherzen.

Wesentlich einfacher lagen die Verhältnisse am Kaninchen. Sehen wir von den ganz am Beginn unserer Versuche stehenden misslungenen Fällen ab, so liegen vier Versuche vor, bei deren Ausführung uns schon die mannigfaltigen am Katzenherzen gemachten Erfahrungen zur Verfügung standen. Bei der etwas schwierigen Orientierung, welche die rechte Seite des Septum am

Kaninchenherzen bot, und bei der uns naheliegenden Annahme, dass die Ergebnisse Paukul's in ähnlichen anatomischen Verhältnissen begründet sein konnten, wie wir sie schon damals für das Katzenherz annehmenn mussten, wählten wir auch am Kaninchen eine zum Ansatzrand der Aortenklappen parallele Schnittrichtung. In den beiden ersten Fällen (Kan. 5 und 6) gelang es noch nicht, den Schnitt an die gewünschte Stelle zu bringen, er lag, wie die Sektion zeigte, zu weit nach der dorsalen Herzseite (in der Abbildung der Herzen rechterhand); während in beiden Fällen die Überleitung nur vorübergehend aufgehoben war, zeigten die Schnittserien nur eine partielle Verletzung der Bündelfaserung, bei welcher es vorübergehend zu einer Schädigung auch des undurchschnittenen Restes durch Quetschung gekommen sein mag. In den beiden nächsten Fällen hingegen hatte der Schnitt die gewünschte Lage, um die nach unserer Annahme stark zerstreute Bündelfaserung vollständig zu treffen. Die Schnittserien zeigten später in der Tat, dass entsprechend der vollständigen Aufhebung der Überleitung die Bündelfaserung durchtrennt war. Dass allerdings im letzten Falle (Kan. 8) einige Fasern undurchschnitten blieben, kann unserer Ansicht nach wiederum keineswegs gegen die Bedeutung der Bündelfasern für die Überleitung sprechen, da man es, wie schon oben ausgeführt, dem anatomischen Bilde nicht entnehmen kann, ob solche spärlichen Reste noch funktionsfähig, oder ob sie vielmehr durch Zirkulationsstörung oder direkte Beeinträchtigung in der Tat ausgeschaltet waren.

Vielleicht wäre es wünschenswert gewesen, auch am Kaninchenherzen noch einige Versuche mit der normalen Schnittrichtung annähernd senkrecht zum Bündelstamm auszuführen. Wir glaubten hiervon aber im Anbetracht der grossen Zahl der Versuche, die schon sowieso für die histologische Untersuchung nicht leicht zu bewältigen waren, ohne Schaden Abstand nehmen zu können, um so mehr, da die mitgeteilten Versuche ganz eindeutige Ergebnisse brachten.

Wir kommen also auch für das Kaninchenherz zu dem Ergebnis, dass auch hier die Überleitung von den Vorhöfen zu den Kammern im Bereich der Bündelfaserung erfolgt, und können nunmehr dazu übergehen, die wahrscheinlichen Gründe für die abweichenden Ergebnisse Paukul's zu erörtern.

Zweifellos bieten auch beim Kaninchen die von uns gefundenen atypischen Fasern für das Experiment eine Hauptschwierigkeit. Ebensowenig wie eine isolierte Durchschneidung kann eine Um-

schnürung nur des Bündelhauptstammes, die in der Regel erst ventralwärts von dem Abgang atypischer Fasern erfolgen wird, die Erregungsleitung aufheben, und wenn das Vorhandensein der atypischen Fasern nicht berücksichtigt wird, so ist ein irrtümlicher Schluss über die Bedeutung der Bündelfaserung unvermeidlich. Zweifellos ist die bei den vorliegenden Untersuchungen gewählte horizontale Richtung der mikroskopischen Schnitte (also parallel zum Ansatzrand der Aortenklappen) zur Feststellung der atypischen Fasern viel günstiger, wie die von Paukul u. a. verwendete vertikale. Im ersteren Falle findet man in den etwas unterhalb des Bündelhauptstammes gelegenen Schnitten die atypischen Fasern quergetroffen in einer Reihe nebeneinanderliegend; im letzteren Falle kann der Schnitt hingegen nur wenige längsgetroffene Fasern und auch diese nur über eine kurze Strecke ihres Verlaufes enthalten. Bei längsgerichteter histologischer Schnittführung können die Fasern ferner besonders dann dem Nachweis entgehen, wenn die Serie von ventralwärts nach dorsalwärts fortschreitet, und wenn sie nur bis zu der Unterbindungsstelle des Bündelhauptstammes durchgeführt wird; denn die Hauptmasse der vorzeitig abbiegenden Fasern würde erst in den noch weiter dorsalwärts liegenden Präparaten der Serie zu finden sein.

Selbstverständlich ist es ebensogut möglich, dass bei einer Umschnürung gelegentlich auch die ganze Bündelfaserung funktionell ausgeschaltet wird, sei es dass die atypischen Fasern an Bedeutung zurücktreten, oder dass die Quetschung weit nach dem Bündelursprung zurückliegt, oder dass der unvermeidliche auf die Nachbarschaft der direkt umschnürten Teile ausgeübte Zug die vorzeitig abbiegenden Fasern ebenfalls geschädigt hat, ohne dass dies in dem histologischen Präparat erkenntlich zu sein braucht. In der letzteren Möglichkeit liegt unserer Ansicht nach auch die Erklärung für die Fälle Paukul's, in denen Überleitungsstörungen auftraten, ohne dass die Ligatur das Bündel umfasste. Diese methodischen Nachteile des Umschnürungsverfahrens wurden schon weiter oben zur Genüge besprochen.

3. Versuche an Hundeherzen.

Unter den 17 Versuchen, die ein vollkommen eindeutiges Ergebnis liefern, befindet sich einer (H. 12), bei dem gar keine Leitungsstörung auftrat. Hier ergab die histologische Untersuchung, dass der experimentelle Schnitt nur eben bis in die Bündelfasern hinein-

reichte, so dass nur eine ganz geringfügige Verletzung entstand. Dieser Versuch ist ebenso wie die beiden zunächst aufgeführten in mancher Beziehung als Kontrollexperiment wichtig. Er zeigt wiederum, dass durch die Eingriffe an sich keine Leitungsstörungen auftreten, und ferner, dass die überleitenden Elemente nicht etwa unterhalb des Bündels in seiner Nähe verlaufen; denn der Schnitt tritt ja von unten an den Bündelhauptstamm heran.

In zwei weiteren Fällen (H. 9 und 10) traten nur vorübergehende Leitungsstörungen auf. Es stimmt mit den zu prüfenden theoretischen Annahmen sehr gut überein, dass in diesen Fällen die Verletzung des Bündels schon beträchtlicher war; offenbar ist durch den beim Schnitt unvermeidlichen Druck und Zug zunächst auch die direkt nicht verletzte Bündelmasse geschädigt; diese Schädigung verlor sich in dem einen Versuch so schnell, dass die Leitungsstörung gar nicht erst registriert werden konnte, während im anderen Falle erst nach etwa einer Viertelstunde sich wieder eine normale Überleitung herstellte.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist weiterhin die Überleitung von dem Schnittmoment an dauernd aufgehoben und dementsprechend in den Serien in der Tat eine vollständige Durchschneidung des Bündels gefunden worden. Während nach oben gegen die Aortenklappen hin der operative Schnitt nur sehr wenig den Bereich der Bündelfasern überschreitet — was dadurch zu erzielen war, dass der von unten nach oben geführte Schnitt sofort sistiert wurde, wenn die Dissoziation eintrat —, könnte ein Nachteil darin erblickt werden, dass die Schnitte nach unten in der Regel etwas länger ausgefallen sind, als zur Durchschneidung des Bündels nötig gewesen wäre. Gewiss liessen sich die gleichen Erfolge gelegentlich wohl mit kleineren Schnitten erreichen, wenn auch durch die Unmöglichkeit, die Einstichstelle ganz genau zu bestimmen, der Zufall etwas mitspielen wird; es lässt sich aber auch aus dem hier vorliegenden Material mit voller Sicherheit der Schluss ziehen, dass die sich nach unten an den Bündelhauptstamm anschliessenden Gewebsteile die Leitungselemente nicht enthalten können. Einmal wurde schon früher gesagt, dass die Leitungsaufhebung immer erst bei dem Durchführen des Messers gegen die Aortenklappen hin auftrat, wofür ja auch der schon angeführte Fall 12 einen Beweis liefert. Ferner aber können wir auf die Fälle 14 und 20 hinweisen, in welchen die Schnittläsion nur sehr wenig über den Rand des Bündels

nach unten hinausgeht (0,8 bzw. 0,4 mm). Dass auch oberhalb der eigentlichen Bündelstruktur keine überleitenden Elemente mehr liegen, beweist besonders deutlich Hund 4, bei welchem der Schnitt nach oben nur eben die ganze Bündeldicke betrifft.

Diese am Hundeherzen durchgeführte Versuchsreihe bildet mithin in jeder Beziehung eine volle Bestätigung für die Lehre, dass der Weg der Erregungsleitung zwischen Vorhöfen und Kammern ausschliesslich durch das Übergangbündel verläuft, indem bei vollständiger Durchtrennung des Bündels eine vollständige und dauernde Dissoziation eintritt, während eine nur einen Teil der Faserung betreffende Verletzung die Erregungsleitung gar nicht oder doch wenigstens nicht dauernd aufhebt.

4. Versuche an Affenherzen.

Über die an Affen ausgeführten beiden Versuche sind hier nur noch wenige Bemerkungen nötig. Nach den eindeutigen Ergebnissen der vorigen Versuchsreihe konnten wir uns an diesem wertvollen Material auf wenige Versuche beschränken, welche die allgemeine Übereinstimmung des Resultates auch für die höchste Tierklasse ergeben. Es gelang in beiden Fällen, das Bündel richtig zu treffen und die Vollständigkeit seiner Durchschneidung zu erweisen. Für Affe 2 kann noch besonders darauf verwiesen werden, dass die Verletzung nach oben und unten nur wenig die Bündelgegend überschreitet (oben 0,2, unten 0,3 mm), so dass auch hier der Weg der Überleitung mit grosser Sicherheit der Bündelstruktur selbst zugeschrieben werden kann.

5. Versuche an Ziegenherzen.

Der schon nach dem makroskopischen Aussehen (s. die Fig. 73, 74, 78) wahrscheinliche Schluss auf eine vollständige Bündeldurchschneidung bei Ziege 2, 3 und 5 wurde durch die histologische Untersuchung bestätigt. Der Fall 4 beweist aufs deutlichste, dass die Nebenumstände der Eingriffe den Erregungsablauf im Herzen unbeeinträchtigt liessen. Auch zeigt dieser von unten nahe an das Bündel heranreichende Schnitt wiederum, dass die überleitenden Elemente nicht etwa unterhalb des eigentlichen Bündels in naher räumlicher Beziehung zu demselben liegen. Auch durch die anderen Fälle ist der Überleitungsweg so nahe, als es durch das Experiment möglich sein wird, auf die Bündelfaserung selbst eingegrenzt worden.

IV. Theoretische Bemerkungen.

Die durch unsere Versuchsreihen bestätigte Annahme, nach welcher als Leitungsweg zwischen Vorhöfen und Kammern ausschliesslich das Übergangbündel in Betracht kommt, hat man in der Regel mit der Frage der myogenen oder neurogenen Auffassung der Entstehung und Leitung der Herzreize in Beziehung gebracht. Wir haben bisher diese Bezugnahme in der Darstellung unserer Versuche absichtlich zurückgestellt und haben auch durchweg den allgemeinen Ausdruck „Übergangbündel" oder „Bündelfasern" gebraucht und den spezielleren Hinweis auf die Muskulatur dieser Faserzüge unterlassen. Gewiss bildet das Bündel in seiner Gesamtheit nicht nur rein anatomisch einen Übergang vom Vorhof zur Kammer, sondern auch funktionell eine „Brücke", wie man sich sehr treffend ausgedrückt hat, auf der der Erregungsprozess die Kluft des trennenden Bindegewebes überschreiten kann. Es muss aber betont werden, dass vom experimentellen Standpunkt aus kein zwingender Grund vorliegt, gerade die Muskulatur des Übergangbündels als das leitende Element anzusprechen. Bekanntlich sind von Tawara bei den Herzen von Huftieren ziemlich bedeutende Nervenfasern gefunden worden, welche das Bündel begleiten[1]), und welche experimentell wohl kaum weder isoliert zu durchschneiden noch isoliert zu schonen sein werden. Aber selbst wenn es gelänge, aus den Schnittserien mit Sicherheit zu ermitteln, dass ein bestimmter Nervenstamm an der Überleitung der Erregung nicht beteiligt sein kann, so wäre damit doch gar nichts über die feinsten Nervenfasern auszusagen, welche nach den neuesten Untersuchungen von Wilson[2])

---

1) In den Schnittserien unserer Versuche kann bei Ziegen ein entsprechender Befund erhoben werden, wie von Tawara beim Schaf und Kalb, indem Nervenstränge beträchtlicher Grösse das Bündel begleiten. Ferner wurden bei zehn Katzen Nerven in naher Beziehung zum Bündel oder Knoten gefunden. Bei sieben Katzen fand sich ein Nervenstrang im Bündel, bei einer eine Gruppe von Ganglienzellen in seiner Nähe. Bei sechs Hunden lagen Nervenfasern in der Nachbarschaft oder im Bündel, und ähnliche Verhältnisse wurden beim Kaninchen gefunden (Cohn). — Die feineren von Wilson festgestellten Nerven konnten bei der hier vorliegenden Färbung natürlich nicht verfolgt werden. —

2) G. J. Wilson, The nerves of the atrio-ventricular bundle. Proc. Roy. Soc. London vol. 81 B p. 151. 1909. Zusatz bei der Korrektur: Vgl. hierzu die kürzliche Mitteilung von Aschoff, Die Nervengeflechte des Reizleitüngssystems Naturf. Gesellsch. Freiburg 30. Nov. 1909. (Deutsche mediz. Wochenschr.)

gerade auch die Muskulatur des Übergangbündels auf das engste umspinnen, und deren leitende Funktion im Gegensatz zu derjenigen der Muskulatur sich jedenfalls auf experimentellem Wege kaum wird abgrenzen lassen. Man wird also immer im Auge behalten müssen, dass selbst bei einem Schnitte, der auf das genaueste die Grenzen der muskulären Bündelfaserung einhält, eine Unzahl feinster Nervenfasern durchschnitten wird, so dass eine funktionelle Ausschaltung lediglich der Muskelfasern des Bündels ein Ding der Unmöglichkeit ist. Für das Wirbeltierherz werden es einstweilen nur Analogieschlüsse sein, die, auf vergleichendem Wege gewonnen, ein Urteil über die grössere Wahrscheinlichkeit der myogenen oder neurogenen Leitung gestatten. Wir haben daher auch von Anfang an den Hauptwert mehr auf die topographische Feststellung des Leitungsweges gelegt. Es kann nunmehr mit Sicherheit gesagt werden, dass dieser Weg auf das engste mit dem Übergangbündel (worunter in diesem allgemeinen Sinne stets Muskulatur mit Nervengespinnst verstanden ist) zusammenfällt; alle die zahlreichen Nervenelemente, welche in der Peripherie der Vorhof-Kammergrenze oder an anderen Stellen, als dem Bündelverlauf selbst entspricht, vom Vorhof zur Kammer verlaufen, sind sicher an der Erregungsleitung ganz unbeteiligt; sie müssen zu dem extrakardialen Nervensystem gehören. Sollte die Erregung auf dem Nervenwege übergeleitet werden, so könnten es nur Elemente sein, die sich den Muskelfasern des Bündels so eng anschliessen, dass sie sich experimentell nicht trennen lassen. Andererseits kommen im Falle der myogenen Leitung aber lediglich die Muskelfasern des Übergangbündels in Betracht; sollten wirklich, wie Kent meinte, bei dieser oder jener Tierart noch peripher einige zerstreute Muskelfasern eine Verbindung zwischen Vorhöfen und Kammern bilden, so sind diese an der Erregungsleitung nicht beteiligt, da die Durchschneidung des Bündels allein schon zur vollständigen Aufhebung der Erregungsleitung genügt.

Die weitere physiologische und klinische Erforschung der Herztätigkeit steht und fällt aber keineswegs ausschliesslich mit der Möglichkeit, zwischen der neurogenen oder myogenen Auffassung bestimmte Entscheidungen treffen zu können. Es liegt zunächst noch eine Fülle von Fragen vor, für deren in vollem Fluss befindliche Bearbeitung eine sichere Kenntnis des Ortes der Überleitung unerlässlich ist. Und zu dieser hoffen wir durch die vorliegenden Untersuchungen einiges beigetragen zu haben.

V. Zusammenfassung.

Über das die Vorhöfe und Kammern verbindende Übergangbündel hatte eine Reihe von Untersuchungen bis vor kurzem ergeben, dass in ihm diejenigen Elemente zu suchen sind, welche die Erregung von den Vorhöfen auf die Kammern übertragen. Durch histologische Untersuchungen nach Eingriffen in der Bündelgegend wurde in vielen Fällen von aufgehobener Erregungsleitung die Vollständigkeit der Bündelausschaltung erwiesen. Demgegenüber stehen in neuerer Zeit Arbeiten aus dem Laboratorium von Kronecker, unter denen besonders die von Paukul zu nennen ist. Dieser Autor fand am Kaninchenherzen, an welchem in situ Umschnürungen vorgenommen wurden, dass eine vollständige Umschnürung nicht notwendig von Aufhebung der Überleitung gefolgt ist, dass aber andererseits diese eintreten kann, wenn die Umschnürung das Bündel gar nicht betrifft. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb die Frage einer erneuten Untersuchung unterworfen, und zwar an dem künstlich nach Langendorff durchspülten Herzen von Katzen, Kaninchen, Hunden, Affen und Ziegen (53 Fälle). Anstatt der weniger einwandfreien Umschnürung wurde die Bündelausschaltung durch Schnitt gewählt. Die Herzen wurden später in Serienschnitten mikroskopisch untersucht. Bei Katzen erwies es sich als schwierig, mit einem nicht zu grossen Schnitt eine dauernde Dissoziation zu erhalten, d. h. (wie die Serien ergaben), das Bündel vollständig zu durchschneiden. Der Grund hierfür wurde in einer anatomischen Eigentümlichkeit gefunden, die darin beruht, dass bei den meisten Katzen und auch am Kaninchen die Ausbreitung des Bündels viel zerstreuter erfolgt wie bei den Herzen höherer Säugetiere, bei welchen die gesamten Fasern für eine längere Strecke in einem gemeinsamen Hauptstamm vereinigt sind, während bei den erstgenannten Herzen sich „atypische Fasern“ vorzeitig abzweigen. In diesen Eigentümlichkeiten dürfte auch ein vorwiegender Grund für Paukul's abweichende Resultate liegen, da bei diesen nur der Hauptstamm des Bündels und seine typischen Schenkel berücksichtigt wurden. Die an Hunden, Affen und Ziegen ausgeführten Versuche bestätigen vollkommen die Lehre von der Erregungsleitung im Bündel. Nach dessen experimenteller Durchschneidung trat ausnahmslos eine vollständige und dauernde Aufhebung der Erregungsüberleitung vom Vorhof zur Kammer ein. War hingegen das Bündel nicht erreicht oder nur

teilweise verletzt, so trat gar keine oder eine unvollständige oder vorübergehende Leitungsstörung auf. In einigen Fällen (Katze, Hund), in denen der rechte Schenkel vollständig durchschnitten, der linke teilweise erhalten war, war gleichwohl auch für die rechte Kammer die Abhängigkeit von den Vorhöfen, offenbar auf dem Umwege der linken Kammer vermittelt, vorhanden.

Erklärung der Tafelabbildungen.

Alle Figuren stellen mikroskopische Schnitte durch die Gegend des Kammerseptums dar. Die Ebene des mikroskopischen Schnittes liegt stets annähernd parallel zu der Verbindungslinie der Ansatzpunkte der Aortenklappen. Die Schnitte sind nach van Gieson gefärbt: Bindegewebe rot, Muskulatur gelbgrün, das Bündel in der Färbung ein wenig von der übrigen Muskulatur verschieden. Alle Zeichnungen sind so angeordnet, dass nach unten die dorsale, nach oben die ventrale Gegend des Septum sieht. Im Bilde unten ist mithin die Verbindung des Bündels gegen den Vorhof, oben die Verzweigung nach der Kammer hin zu denken. Nähere Erläuterungen gehen aus den den Zeichnungen übergelegten Pausen hervor. Die Vergrösserung in Fig. 1 und 2 beträgt 37, in Fig. 3 und 4 Vergr. 29; in Fig. 9 Vergr. 33; in den übrigen Figuren Vergr. 44.

Fig. 1. Hund 12. Mikroskopischer Schnitt durch den unverletzten Teil des Bündels.

Fig. 2. Hund 14. Experimenteller Schnitt durchtrennt das Bündel inmitten des Hauptstammes. Dissoziation als Folge.

Fig. 3. Affe 1. Der experimentelle Schnitt trifft das Bündel dicht am Ursprungsteil, welcher somit mitsamt dem Vorhof von der Kammer getrennt ist. Dissoziation als Folge.

Fig. 4. Katze 29. Experimenteller Schnitt durchtrennt das Bündel vor der Teilung. Dissoziation.

Fig. 5 u. 6. Katze 21. Dem vorigen im ganzen entsprechender Fall. Fig. 5 zeigt einen oben im Bündelhauptstamm gelegenen mikroskopischen Schnitt, während derjenige von Fig. 6 weiter unten (d. h. oben oder unten bezüglich des Herzens) an der unteren Grenze des experimentellen Schnittes geführt wurde. In demselben sind noch einige undurchschnitten bleibende Bündelfasern (quergetroffen) zu sehen.

Fig. 7 u. 8. Katze 7. Aus dem an der unteren Grenze des experimentellen Schnittes gelegenen mikroskopischen Schnitt der Fig. 8 erkennt man die grosse Zahl der undurchschnitten gebliebenen Fasern. Keine Überleitungsstörung.

Fig. 9 u. 10. Katze 22. Der experimentelle Schnitt lässt den unteren Teil der Bündelmasse intakt (Fig. 10), während der obere durchschnitten ist (Fig. 9). Vorübergehende Leitungsstörung.

Abb. 1

Abb. 2.

E R Bieling pxt

Verlag von Martin Hager, Bonn



Abb. 3.

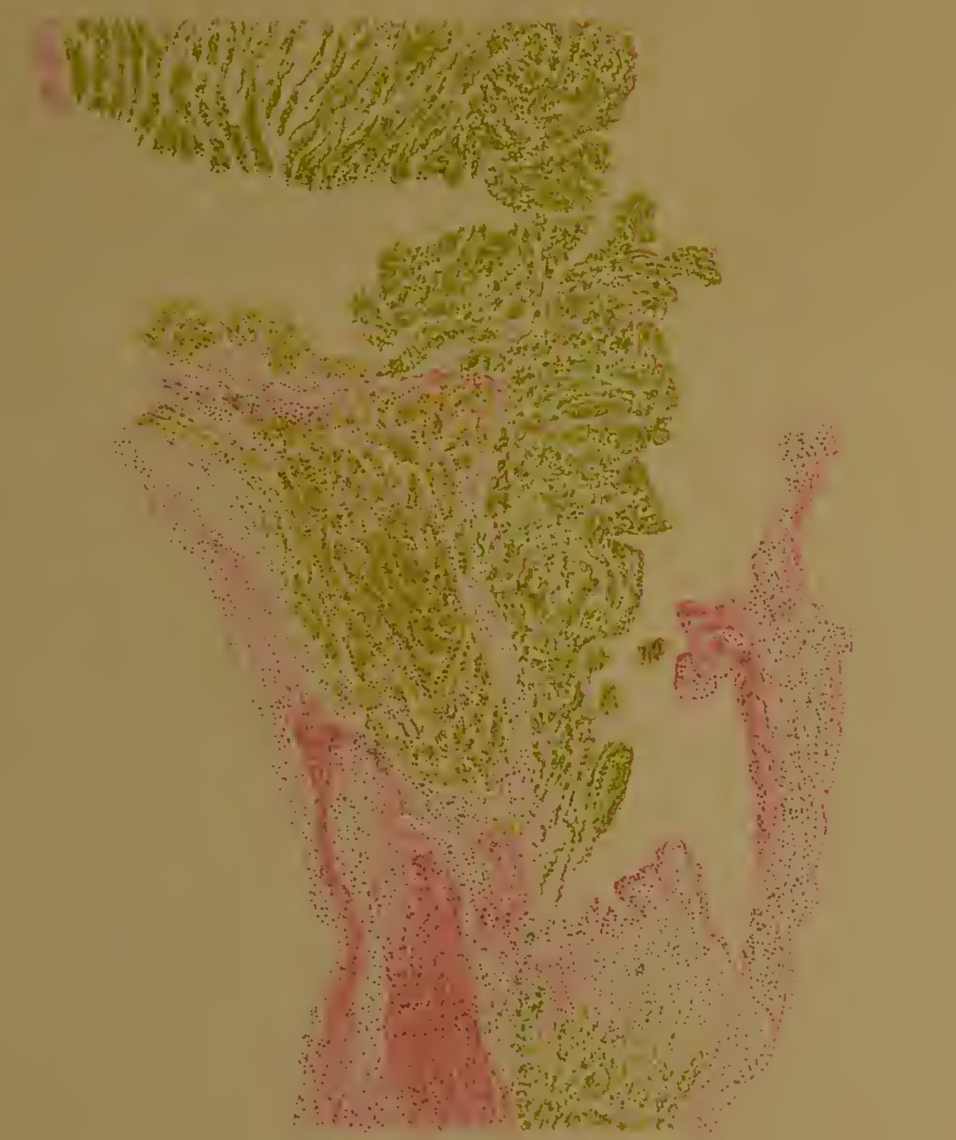


Abb. 4.

E. R. Bieling pxt.

Verlag von Martin Hager, Bonn.



Abb. 5.

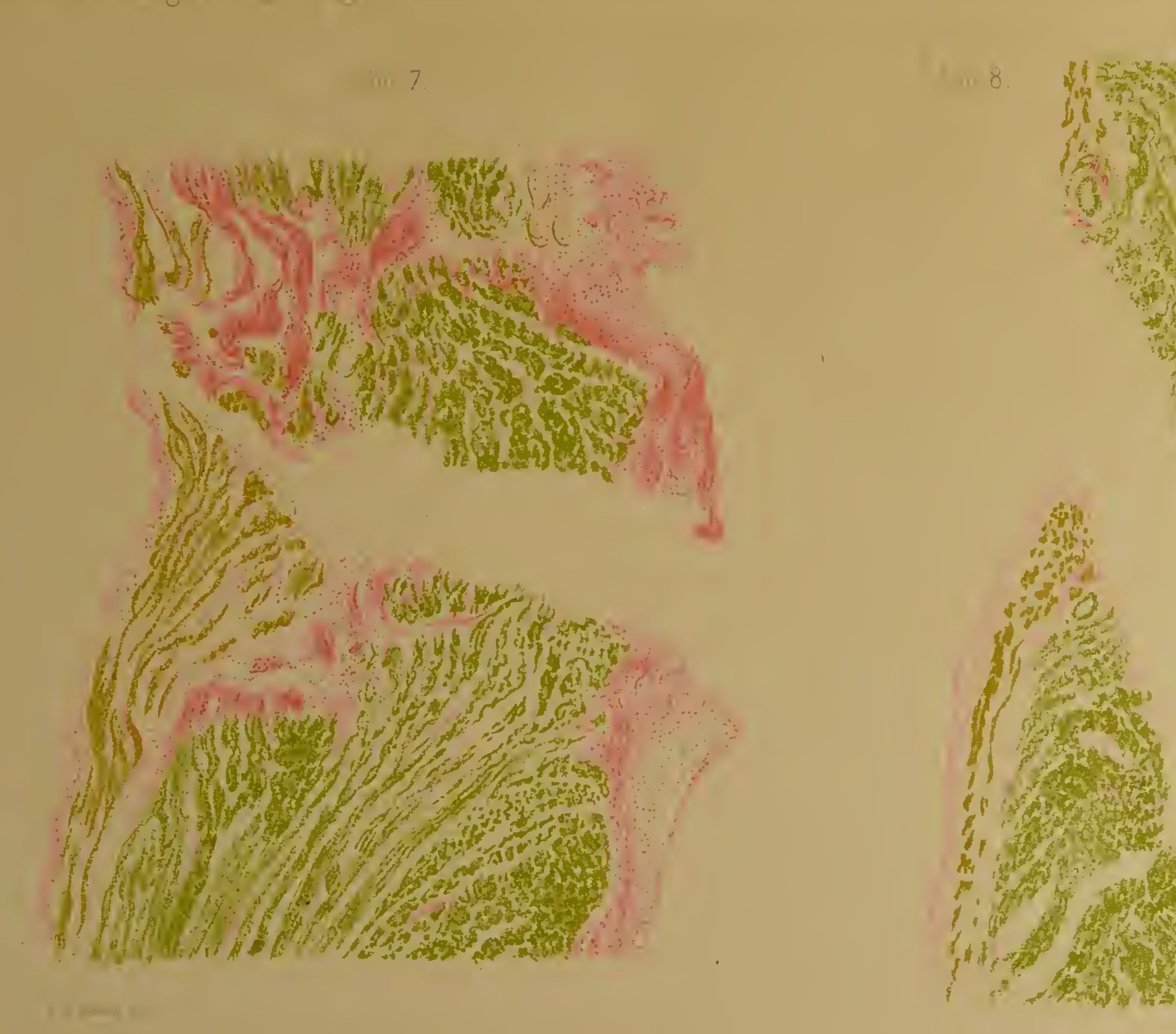
Abb. 6.

E. R. Bieling pxt.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Verlag von Martin Hager, Bonn





Lith. Inst. v. F. Wirtz, Darmstadt



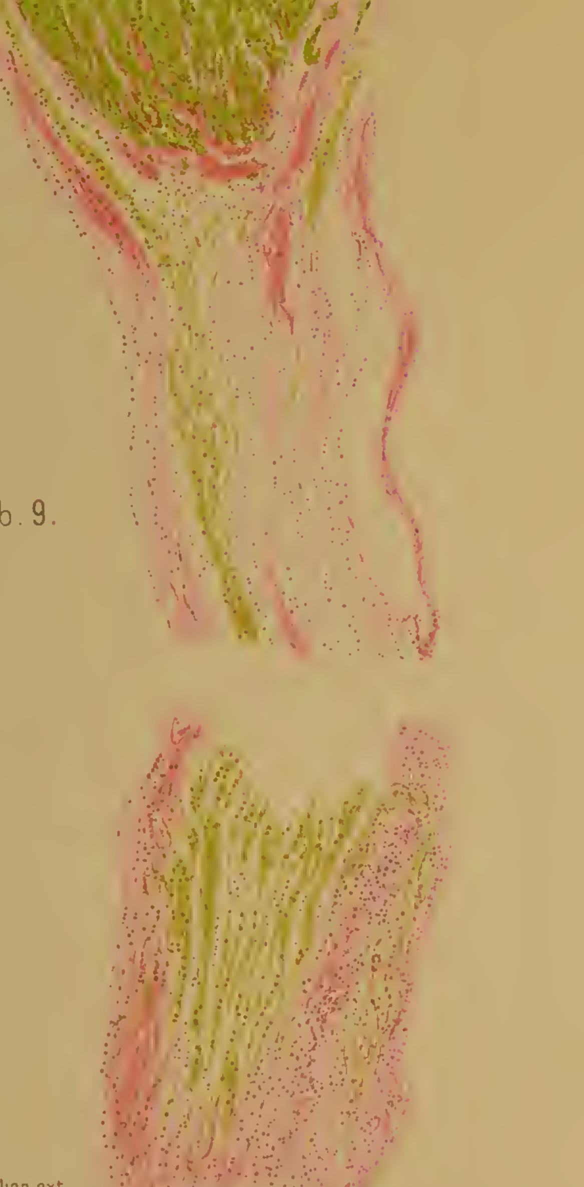


Abb. 9.

Abb. 10.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Verlag von Martin Hager, Bonn





